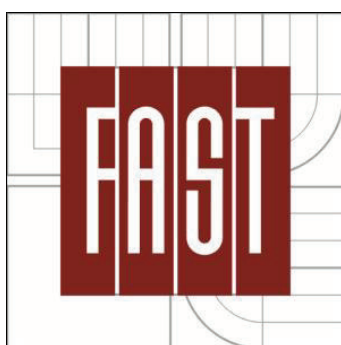


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V
BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

HOSPODAŘENÍ S VODOU V BUDOVÁCH

WATER MANAGEMENT IN BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JOSEF KOZUB

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2012

ABSTRAKT

V bakalářské práci se zabývám využitím šedých a dešťových vod. V práci uvedeno srovnání využití v České republice a zahraničí a finanční úspory vzniklé při využívání těchto vod. Dále je zde popsáno složení a povolené limity pro nakládání s těmito vodami, jednotlivé metody úprav a akumulace zvlášť pro dešťové a šedé vody. V každé kapitole jsou uvedeny doporučené hodnoty a příklady po aplikaci jednotlivých technologií a příklady systému na využití šedých i dešťových vod.

KLÍČOVÁ SLOVA

Šedá, dešťová, voda, recyklace, filtrace, využití

ABSTRACT

This thesis deals with the use of gray water and rain. In this thesis is a comparison of utilization in the Czech Republic and abroad and the financial savings arising in the use of these waters. Composition and permitted limits for dealing with these waters, individual adjustment methods, particularly for the accumulation of rainwater and gray water. Each chapter lists the recommended values and examples for application of individual technologies and examples of the use of rainwater and gray water.

KEYWORDS

Gray, rainwater, water, recycling, filtration, use

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KOZUB, Josef. *Hospodaření s vodou v budovách*. Brno, 2012. 59 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2012

.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali s přípravou práce nebo mě jakkoli podporovali během jejího vytváření. Zejména bych pak chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Renatě Biele, Ph.D. za velice užitečné rady, trpělivost a výborné vedení při vypracování. V neposlední řadě všem přátelům a hlavně rodičům, kteří mi umožnili studovat a po celou dobu studia mě podporovali.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	HOSPODAŘENÍ S VODOU V ČR.....	4
2.1	Spotřeba vody v ČR	4
2.2	Cena vody v ČR.....	5
2.2.1	Vývoj ceny vody	5
2.3	Úspory vody	6
3	ŠEDÉ VODY	8
3.1	Vlastnosti šedých vod.....	10
3.2	Požadavky na kvalitu šedých vod	13
3.3	Způsoby čištění šedých vod	15
3.3.1	Jednotlivé kroky v procesu úpravy šedé vody	17
3.4	Recyklace šedých vod.....	18
3.4.1	Recyklace šedých vod pro zalévání	18
3.4.2	Recyklace šedých vod v budovách	18
3.4.3	Vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod	19
3.4.4	Vnitřní vodovod provozní vody	20
3.4.5	Způsoby recyklace tepla šedých vod.....	20
3.4.6	Metody využívané k odběru tepla	20
4	DEŠŤOVÉ VODY	25
4.1	Vlastnosti dešťové vody	25
4.2	Typy znečištění dešťové vody.....	25
4.2.1	Znečištění v atmosférických srážkách	26
4.2.2	Znečištění nahromaděné na střeších během bezdešťného období.....	27
4.2.3	Znečištění vzniklé po kontaktu s různými materiály	27
4.3	Požadavky na kvalitu dešťové vody	27
4.4	Způsob čištění dešťové vody	28
4.4.1	Typy zařízení na čištění a akumulaci dešťové vody	29
4.4.2	Faktory ovlivňující kvalitu vody a hygienu při využívání dešťových vod.....	32
4.5	Zasakování dešťových vod	32

4.5.1	Vsakování velkých objektů jako jsou průmyslové haly	33
4.5.2	Vsakování u malých objektů jako jsou rodinné domy	34
5	MOŽNOSTI VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD	36
5.1	Využití systému pouze na dešťové vody	36
5.1.1	Příklad využití dešťové vody v rodinném domě	37
5.2	Komplexní systém na využití šedých vod	40
5.2.1	Technologie hotelu.....	43
ZÁVĚR		45
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	47
SEZNAM TABULEK		49
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		50
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ		51
SUMMARY		52

1 ÚVOD

Na úplný úvod je třeba říci, že šetření s vodou je správné a víc než na místě. Zásoby pitné vody na Zemi se každým rokem zmenšují, a to ne jen vlivem špatného hospodaření s vodními zdroji, ale i v důsledku stále se zvyšujícího znečištění produkovaného převážně lidskou činností, případně i zvětšujícím se odpařováním, které může nastat v důsledku tzv. globálního oteplování. Téměř 97% vody na Zemi je tvořeno vodou mořskou neboli slanou, která je pro většinu rostlin a lidský organismus nepoužitelná. Další necelé 3% jsou vázány v ledovcích na jižním a severním pólu planety a jen 0,3% jsou k dispozici rostlinám a lidem. Bohužel zde nastává závažný problém s kvalitou a úpravou vody pro použití. Logicky se tedy nabízí snaha o využívání dešťových neboli šedých vod v širším měřítku. Díky čemu dochází k šetření pitné vody a poklesům nákladů na její výrobu.

Snižování spotřeby vody tedy znamená úspory energie potřebné na čerpání, čištění a rozvod pitné vody, omezení množství vypouštěných odpadních vod a v neposlední řadě snížení nákladů na vodné a stočné. Spotřeba pitné vody v domácnosti v současnosti ve vyspělých státech přesahuje 100 l/os/den. Z celkového množství spotřebované pitné vody je jen malé množství využito skutečně na pití, vaření nebo umývání nádobí. V domácnosti se to pohybuje okolo 10%. Pro mnoho účelů by stačila voda nižší kvality (dešťová, filtrovaná použitá voda), kterou by nebylo třeba upravovat jako vodu pitnou.

2 HOSPODAŘENÍ S VODOU V ČR

Česká republika je významnou pramennou oblastí Evropy. Naším územím procházejí hlavní evropská rozvodí. Tudíž dopady našeho chování k vodním tokům, jejich znečišťování atd., pocítujeme nejen my, ale i obyvatelé okolních států. Hlavním zdrojem vody jsou atmosférické srážky, protože žádný významný vodní tok do našeho státu nepřitéká.

V ČR je upraveno pro použití ve vodárenství cca 800 milionů m³ vody ročně. Rozložení spotřeby vody mezi domácnosti, průmysl zemědělství atd. je v ČR přibližně takovéto:

- domácnosti 40%
- ztráty ve vodovodních sítích 30%
- průmysl 11%
- zemědělství 1%
- ostatní 18%

2.1 SPOTŘEBA VODY V ČR

Spotřeba vody ČR v posledních letech klesá, minulý rok tomu nebylo výjimkou a došlo k poklesu z celkového objemu fakturované vody o 2,4 procenta na 492,5 milionu metrů krychlových. Navzdory tomu výběr vodného a stočného vzrostl o více jak dvě procenta na 27,2 miliardy korun.

Průměrná denní spotřeba vody klesla v loňském roce bezmála o čtyři litry na 138 litrů na osobu za den. U samostatných domácností klesla tato spotřeba o tři litry na 89,5 litrů. Pro zajímavost uvedu, že obyvatelé města Prahy spotřebovávají cca o čtvrtinu více vody než je celorepublikový průměr.

Češi začali šetřit vodou po jejím skokovém zdražení v 90. letech minulého století. Za posledních 20 let klesla denní spotřeba vody na osobu o více než třetinu. S rostoucími cenami za vodné a stočné, lidé začínají stále častěji používat úsporná opatření, jako například úsporné baterie, pračky či myčky nádobí. S rozvojem moderních technologií dochází ke snižování spotřeby vody v průmyslu nebo zemědělství. Na snižující spotřebu má také vliv, že stále více lidí začíná používat vlastní studny.

Vodou z vodovodu bylo v roce 2010 zásobeno 9,79 milionu obyvatel, což představuje v České republice 93,1 procenta obyvatelstva. Došlo tedy oproti roku 2009 k nárůstu o 0,6 procenta. Délka vodovodní sítě se prodloužila o 580 km na 73 488 km. Dále došlo

k nárůstu podílu obyvatel žijících v domech napojených na kanalizaci, který dosahuje 85 procent. [1]

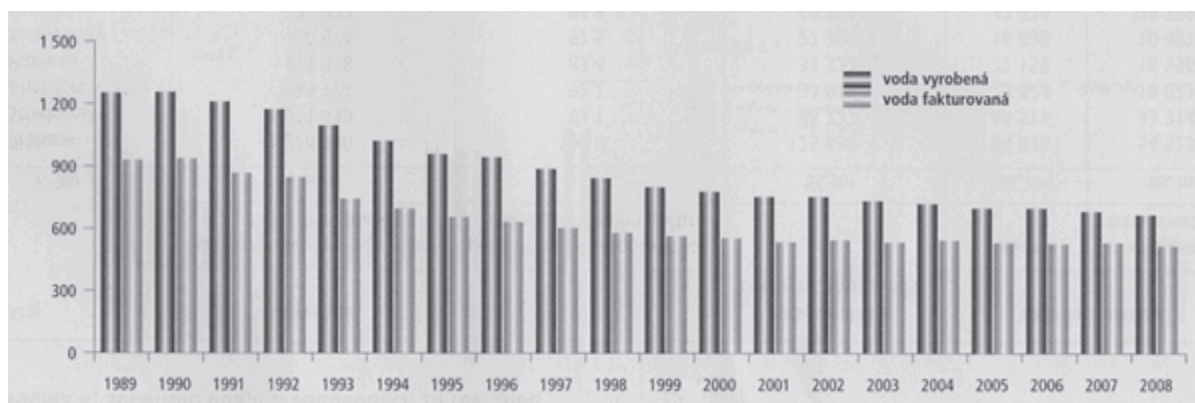
2.2 CENA VODY V ČR

Navzdory poklesu spotřeby vody, cena vody v ČR v roce 2011 dosahuje v některých regionech cen jako v Německu. Šest z deseti vodárenských podniků dostalo v roce 2009 pokutu za chyby v kalkulacích vodného a stočného. Přesto se zdražení ani v tomto roce nevyhneme.

Na zvyšování ceny je nutné se dívat ze dvou různých pohledů. Na jedné straně je každoroční růst nákladů na výrobu vody, a na druhé straně je výrazný pokles spotřebovávané vody, přičemž fixní náklady zůstávají stejné nebo se dokonce zvyšují. Fixní náklady, především tedy platba nájmu za provoz vodohospodářských sítí, totiž tvoří na celkových nákladech vodárenských společností významný podíl. V ceně vod zůstávají velké rozdíly podle regionů. Je to dáno tím, jaký zdroj vody vodárny využívají. Pokud se jedná o povrchový zdroj, je cena úpravy vody vyšší. Dále se také liší poplatky jednotlivým povodím za odběr surové vody.

2.2.1 Vývoj ceny vody

Podle předsedy představenstva Sdružení odborů vodovodů a kanalizací Františka Baráka dojde v nejbližších 5-7 letech k vyrovnání cen se západní Evropou, tedy na 5 EUR, neboli 125 Kč za 1 m³. Růst cen vodárny obvykle vysvětlují nutností investic do nových kanalizací či čistíren vod. Tyto náklady prý dosahují až 50% celkových ročních nákladů. Růst cen lze však vysvětlit i dalšími vlivy, jako např. zvýšené výdaje na platy, státem vybírané poplatky jako DPH a v neposlední řadě poplatky za odebírání vod, jak už z povrchových nebo podzemních zdrojů nebo naopak za vypouštění vody z čistíren. Jako příklad bych uvedl, že pokud dojde ke zvýšení DPH na 20%, tak dojde k růstu ceny bez zásahu vodáren o deset procent. Do nákladů se započítává i voda ztracená v distribuci.



Obr. 2.1 Srovnání vody vyrobené a fakturované [2]

Jako příklad zdražování bych uvedl město Praha, kde se nyní platí 56,51 Kč. Což je cena na tuzemské poměry značně nízká. Očekává se 5% zvýšení. Přitom podle některých odborníků by mohlo být vodné v metropoli brzy zdraženo skokově. Podle předsedy představenstva Sdružení oborů vodovodů a kanalizací je nízká cena vody v Praze rozhodnutí politiků, zvýšení ceny o dvacetikorunu by zaplatilo novou čističku a potřebě odpovídá cca 70 Kč/m³. [2]

Tedy jak můžeme vidět v předcházející tabulce růst cen je značný, jen v městě Brně došlo za posledních 8 let k nárůstu ceny o 20 korun. A nic nenaznačuje tomu, že by tento trend mohl ustát, takže jediným možným řešením jak uspořit, je zmenšit spotřebu pitné vody.

Tab. 2.1 Srovnání vývoje cen za 1m³ vodného a stočného v Brně [3]

<i>Obyvatelstvo i ostatní uživatelé [Kč/m³]</i>										
<i>rok</i>	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>celkem</i>	44,68	46,91	48,79	49,98	49,98	53,97	56,68	57,2	60,17	64,3
<i>vodné</i>	20,9	21,88	22,77	23,32	23,32	25,18	26,45	26,7	28,06	29,99
<i>stočné</i>	23,78	25,03	26,02	26,66	26,66	28,79	30,23	30,5	32,11	34,31

2.3 ÚSPORY VODY

Úsporných opatření je několik, od těch nejjednodušších, jako například namontováním úsporných hlavic, pořízení nízkoenergetických praček, myček až po ty složitější, což jsou systémy na zachytávání a následné využití šedých a dešťových vod.

- Při holení, čištění zubů nebo umívání rukou, je vhodné vypínat vodu, nebo za použití perlátoru navodit pocit silného proudu, popřípadě používat pákové nebo termostatické armatury.
- Místo koupání ve vaně se sprcha závislosti na velikosti vany se objem spotřebované vody pohybuje okolo 100 – 200 litrů, zatím co při sprchování je spotřeba okolo 50 litrů
- Další je použití úsporných sprchových hadic se stop ventilem, ve kterých neproteče za minutu víc jak 15 l vody.
- Největších úspor v domácnosti může člověk dosáhnout v kuchyni při mytí nádobí. V případě mytí pod tekoucí vodou proteče během 10 minut dokonce až 200 l. Nejlepším způsobem je pořízení myčky nádobí, která má spotřebu ve třídě A+ 10 – 15l, což je spotřeba několikanásobně menší.

- Zalévání trávníků a rostlin dělá zhruba 20% roční spotřeby vody. Možností ušetření je několik, např. zavedení systémů na zachytávání šedých vod nebo v případě spotřeby větší jak 30 m^3 za rok, namontování zvláštního vodoměru a díky tomu neplacení stočeného.
- Dalším důležitým aspektem je zajištění dobrého stavu armatur a spotřebičů, protože jak je vidět v tabulce 2.3, netěsnostmi dochází k obrovským ztrátám vody.

Tab. 2.2 Ztráty vlivem netěsností zařízení v domácnosti

Zařízení	kapající kohoutek slabě	kapající kohoutek silně	protékající WC slabě	protékající WC silně
l/den	24	54	150-1000	1000-2000
m³/rok	8,76	19,71	54,75 - 365	365 - 730

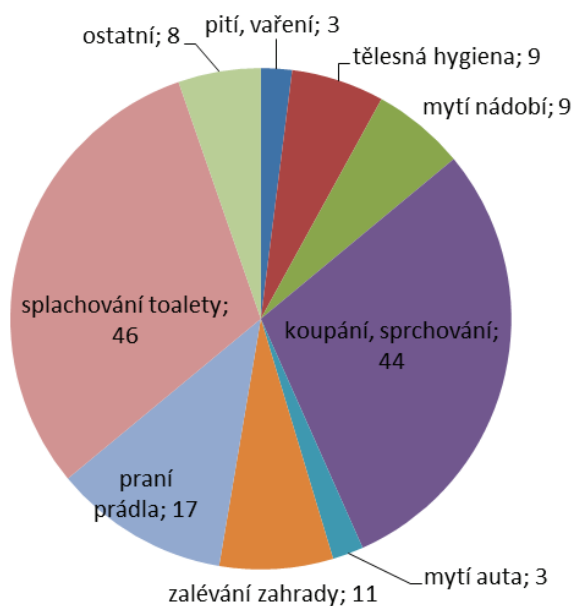
Největších úspor můžeme tedy dosáhnout díky kvalitnímu vybavení v domácnosti, dále pak vybudováním systému pro využití šedých, případně dešťových vod na splachování, zavlažování trávníku atd.. Tento systém si již bohužel vyžádá rozsáhlejší zásah do vodovodní sítě v budově, takže i větších nákladů na vybudování.

3 ŠEDÉ VODY

Ve veřejnosti, díky poměrně velké medializaci v posledních letech, vzniká povědomí o možnosti dělení vod. Po její chemické úpravě se tato voda může znovu využít v některých případech, jako je splachování WC, zavlažování trávníků, zalévání zahrady nebo mytí podlah. Bohužel díky všeobecnému názoru, že v našich oblastech je vody dostatek, je tato možnost brána spíše s nadhledem. Opak je však pravdou, při neustálém růstu cen vody je logické, že si v nejbližších letech najde tato technologie uplatnění. Samozřejmě si tato technologie najde největší uplatnění v podnicích, kde je velká produkce šedých vod, jako jsou stravovací zařízení, hotely, koupaliště nebo lázně. V ČR jsou tyto systémy na samém počátku rozvoje. Zatím jediný větší projekt, jednalo se o hotel, byl realizován v Praze v roce 2009.

V České republice není zatím schválena legislativa, která by se zabývala požadavky na kvalitu šedých vod. V okolních státech je šedá voda využívána již několik let, a proto zde mají normy pro její využití. Například v Německu je v privátní sféře dle oficiálních statistik průměrná denní spotřeba 127 l/(os.den). Spotřeba v hotelích je pak obvykle mnohem větší. V závislosti na velikosti a vybavení hotelu a samozřejmě na rozsahu služeb (jestli provozují bazén, wellnes apod.) je spotřeba na jednoho hosta (G) značně rozkolísaná. Spotřeba ve tříhvězdičkovém hotelu je kolem 150 l/(G.den), v pěti hvězdičkovém pak 1000 l/(G.den) – podle firmy Intaqua. Jiné zdroje uvádějí 150 – 600 l/(G.den). [4]

Průměrná spotřeba vody v domácnosti l/den



Obr. 3.1 Průměrná spotřeba vody v domácnosti[9]

Z grafu na obr.3.1 je tedy patrné že více než 50% produkce veškeré odpadní vody z domácností je tvořeno vodou šedou. Množství vyprodukovaných šedých vod ve vybraných zemích kolísá mezi 57 a 75 l/EO.d a je přehledně zobrazeno v tabulce 3.1.

Tab. 3.1 Výsledky průzkumu původu a množství šedých vod [9]

Země							Literatura
	Kuchyň a myčky	umývadla	Tělesná hygiena	Sprchy a vany	Úklid	Celkem l/(EO.d)	
UK	13	17	13	28	-	-	Butler (1991, 1993)
Malta	15	16	9	25	-	-	Gatt (1993)
USA	-	-	19	13	-	-	Hall et al. (1998)
USA	14	41	- ²⁾	38	-	-	Siegrist et al. (1976)
USA	14	28	8	32	-	-	Laak (1974)
USA	13	38	- ²⁾	47	-	-	Lingman et al. (1974)
NL	9	23	-2	40	3	74	NIPPO (1992)
DK	25	10	-2	50	-	-	Henze (1997)
D	8	16	8	40	3	75	Möhle (1983)
D	4 - 6	20 - 40	10 - 15	20 - 40	3 - 10	57 - 111	DVGW - Merkblatt W 410 (1995)
D	4	19	10	20	3	56	Pöpel (1994)
D	8	12	- ²⁾	40	5	65	UBA (2005)
D	12	13	-	40	5	70	Mehrlart und Bullermann (2001)
D ø ¹⁾	6	13	10	30	5	75	
1) Výpočet průměrných hodnot je jen z hodnot zjištěných v Německu							
2) Množství zjištěno v kategorii sprchy a vany							

Definice šedých vod

Šedá voda dostala svoje pojmenování podle nezaměnitelného zbarvení. Podle DIN 4045 (2003) je šedá voda komunální voda bez fekálií a moče. Např. jsou to vody z van, sprch, umývadel a výlevků. Za komunální vody od obyvatelstva se považují i vody z hotelů, restaurací a obdobných zařízení a míst, kde se shromažďují lidé (ATV, 1997). V tabulce 3.1 jsou množství šedých vod uvažovaných v jednotlivých zemích na jednoho ekvivalentního obyvatele (dále již jen EO). Množství kolísá od 57 do 111 l/(EO.den).

Šedé vody dělíme na 4 zdroje a to podle toho, kde vody vznikly nebo k čemu byly použity.

- Neseparované šedé vody.
- Šedé vody z kuchyní a myček.
- Šedé vody z praček.
- Šedé vody z umyvadel, van a sprch.[3]

3.1 VLASTNOSTI ŠEDÝCH VOD

V následující tabulce 3.4 jsou uvedeny základní fyzikální a hydrotechnické parametry. Dále jsou zde uvedeny všeobecné hydrochemické parametry a také hodnoty BSK a CHSK. Poměr CHSK a BSK₅ je zpravidla 4:1. To je poněkud nevýhodné, jelikož je zde větší podíl hůře odbouratelných organických látek, na rozdíl od klasických komunálních vod, kde je poměr obvykle 2:1. Tyto hodnoty platí zejména pro odtok ze sprch a van, kde jsou ve velké míře používány mýdla a šampóny. U komunálních vod je obvykle pH 7-8, šedé vody z praní jsou zásadité s hodnotami pH 9-10, naproti tomu vody z klasických kuchyní jsou spíše kyselé nebo jen mírně zásadité pH 5 – 8,6. Teplota šedých vod je vyšší než u komunálních (18 – 36°C), jelikož zejména z hygienických důvodů se používá teplá voda. V důsledku zvýšené teploty dochází k rychlému rozvoji mikroorganismů. Měření obsahu NL a zákalu vypovídají o původu částic a koloidů. Tyto látky jsou pak obvykle příčinou problému při úpravě šedých vod. Šedé vody obsahují nerozpuštěné látky, jako např. zbytky jídel, vlasy, vlákna, písek atd..

V tabulce 3.4 jsou patrné velké rozdíly hodnot u jednotlivých skupin, které jsou způsobené především rozdílným životním stylem. Konstatovat se ale dá, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch a mytí. Vody z kuchyní jsou díky vyšším obsahům zbytků jídel hodně zatížené. Díky těmto poznatkům můžeme šedou vodu dělit na vodu vhodnou a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Použitelná šedá voda tedy je ze sprch, umyvadel a van, podmíněně použitelná je z kuchyní.[4]

Z tabulky 3.2, která se zabývá obsahem nutrientů je patrné, že dusík se v šedých vodách vyskytuje především jako organicky vázaný (např. v bílkovinách). Koncentrace amoniakálního, resp. oxidovaných forem dusíku (dusitany, dusičnany) jsou v porovnání s koncentrací organického dusíku zanedbatelné. Množství fosforu pak závisí na způsobu života obyvatelstva produkujícího šedou vodu a používání detergentů. Největší koncentrace fosforu je obsažena v přípravcích do myček nádobí, které jsou zahrnuty v kategorii praček. Vysoké koncentrace jsou naštěstí v řadě zemí, Českou republiku

nevyjímaje, již minulostí, protože jsou buď to zákonem zcela zakázány, nebo alespoň omezeny.

Mikrobiologické zatížení v tabulce 3.3 pochází z mytí rukou, ze zpracování potravin a také z moči při sprchování. Průzkumy poukazují na to, že z mytí rukou nebo ze sprchování mohou být krátkodobě vyšší koncentrace než z praní. Pro parametr případě E.coli se jedná o rozdíl v jednom řádu, pro koliformní bakterie pak ve dvou řádech. Velmi zatížené mohou být pak vody z kuchyní, hlavně v časech úpravy potravin, bohužel v literatuře jsou pro tyto hodnoty jen ojedinělá měření.

V šedých vodách se nacházejí jen nepatrné koncentrace těžkých kovů. Obvykle jsou pod hranicí požadovanou pro pitnou vodu. [9]

Tab. 3.2 Koncentrace vybraných živin v šedých vodách [9]

Nutrienty [mg/l]	Pračky	Sprchy, vany, umývadla	Kuchyně, myčky nádobí	Neseparované šedé vody
N-NH ₄	<0,1-3,47	<0,1-25	0,2-23	-
N-NO ₂	0,1-0,31	<0,05-0,2	-	-
N-NO ₃	0,4-0,6	0-4,9	-	-
P-PO ₄	4-32	0,34-35	0,4-14	0,6-7,4
N _{celk}	6-21	0,6-56,4	13-60	8-11
P _{celk}	0,06-57	0,11-2,2	3,1-10	3,3-11

Tab. 3.3 Mikrobiologické zatížení šedých vod [9]

Mikrobiologické parametry [KTJ/100ml]	Pračky	Sprchy, vany, umývadla	Kuchyně, myčky nádobí	Neseparované šedé vody
Fekální koliformy	10 ¹ -10 ⁸	10 ¹ -10 ⁶	-	10 ² -10 ⁶
Celkové koliformy	10 ¹ -10 ⁸	10 ¹ -10 ⁹	-	10 ⁵ -10 ⁸
E.coli	10 ¹ -10 ⁶	10 ¹ -10 ⁷	10 ⁵ -10 ⁸	10 ¹ -10 ²
Streptokoky	10 ¹ -10 ⁷	10 ¹ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁸	10 ²
Celkový počet kolonií	-	10 ² -10 ⁸	-	-
Pseudomonas aeruginosa	-	n.n.-10 ³	-	10 ² -10 ⁵
Salmonella	n.n.	n.n.	-	-
Cryptosporidium	n.n.	n.n.	-	n.n.
Giardia	n.n.	n.n.	-	-

Tab. 3.4 Výsledky průzkumu původu a množství šedých vod [9]

Chemicko-fyzikální parametry	Jednotka	Pračky		Vany, sprachy, umývadla		Kuchyně a myčky		Neseparovaná šedá voda	
pH	[-]	9,3 - 10	A	5 - 8,6	ABDE	6,3 - 7,4	F	6,1 - 8,4	LMP
Teplota	[°C]	28 - 32	A	18 - 38	DK	-	-	-	-
Barva	[Pt/C]	50 - 70	A	60 - 100	A	-	-	-	-
Zákal	[NTU]	14 - 296	ABC	20 - 370	ABEN	-	-	-	-
Plovoucí látky	[mg/l]	79 - 280	ACG	7 - 120	AGK	134 - 1300	FG	-	-
TDS	[mg/l]	-	-	126 - 599	EI	-	-	-	-
Vodivost	[S/m]	190 - 1400	A	82 - 22000	ADK	-	-	360 - 520	M
Alkalita (jako CaCO ₃)	[mg/l]	83 - 200	A	24 - 136	AE	20 - 340	F	-	-
Tvrdost (jako CaCO ₃)	[mg/l]	-	-	18 - 52	E	-	-	-	-
BSK ₅	[mg/l]	48 - 682	AC	19 - 200	AKN	669 - 756	H	41 - 194	MO
CHSK	[mg/l]	375	G	64 - 8000	GN	26 - 1000	FG	495 - 623	LOP
TOC	[mg/l]	100 - 280	C	15 - 225	E	-	-	-	-
Rozpuštěný kyslík	[mg/l]	-	-	0,4 - 4,6	D	-	-	-	-
Sulfáty	[mg/l]	-	-	12 - 40	B	-	-	39,8 - 88,5	M
Chloridy (jako Cl)	[mg/l]	9 - 88	A	3,1 - 88	ABK	-	-	16,3 - 33,4	M
Oleje a tuky	[mg/l]	8,0 - 35	A	37 - 97	AK	-	-	-	-
Použitá literatura									
A	Christova-Boal et al (1996)				C	Siegrist et al. (1976)			
E	Burrows et al. (1991)				G	Hargelius et al. (1995)			
I	Birks et al. (2004)				K	Eriksson et al. (2002)			
M	Tasanova et al. (2001)				O	Oldenburg und Otterpohl (2005)			
B	Rose et al. (1991)				D	Santala et al. (1998)			
F	Shin et al. (1998)				H	Butler et al (1995)			
J	Ramon et al. (2004)				L	Palmquist und Hanaeus (2005)			
N	Jefferson et al. (2001)				P	Elmitwalli et al. (2003)			

3.2 POŽADAVKY NA KVALITU ŠEDÝCH VOD

Jak už bylo řečeno, v České republice neexistuje žádná norma zabývající se šedými vodami, je tedy potřeba čerpat hodnoty ze zahraničí. Ve Velké Británii byla v roce 2010 přijata norma zabývající se problematikou šedých vod (BS 8525), která obsahuje doporučení týkající se kvality šedých vod a jejich monitorování. [5]

V této normě se uvádí, že systémy na úpravu šedých vod musí být navrženy podle toho, k jakým účelům se má voda využívat, a aby nedošlo k ohrožení zdraví lidí. Časté testování kvality není nutné, ale během údržby by mělo dojít k otestování, aby byl ověřen výkon systému šedých vod. Pokud budou výsledky nežádoucí, je zapotřebí odhalit problém se spotřebou šedé vody. Testování systému ihned po uvedení do provozu se také nedoporučuje, protože systém bývá naplněn vodou z vodovodu a výsledky proto nejsou reprezentativní.

Kvalita vody by měla být sledována, zejména pak hodnoty, které jsou uváděny v tabulce 3.5, u kterých je riziko ohrožení lidského zdraví. Dále pak v tabulce 3.6 pro parametry poskytující informace o jakosti vody a týkající se provozu systému. Výsledky bakteriologického monitorování by měly být vykládány s odkazem na tabulku 3.7 a výsledky obecného monitorování s odkazem na tabulku 3.8 [5]

Tab. 3.5 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [6]

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní	Postřikové	Bezpostřikové
					aplikace	aplikace
Escherichia coli [počet/ml]	Není zjištěno	250	250	Není zjištěno	BS EN ISO 9308-1	BS EN ISO 9308-3
Střevní enterokoky [počet/ml]	Není zjištěno	100	100	Není zjištěno	BS EN ISO 7899-1 nebo 7899-2	BS EN ISO 7899-1
Legionella pneumophila [počet/ml]	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	BS 6068-4.12	Nelze aplikovat
Koliformní bakterie celkem^{B)} [počet/ml]	10	1000	1000	10	Blue Book Method 223 D [N2]	BS EN ISO 9308-3
A) Pokud ošetřené šedé vody byly použity v zelinářských zahradách, na domácí půdě, pak informace o růstu těchto plodin před spotřebou by měly být poskytovány pro uživatele v předávací dokumentaci.						
B) „Celková koliformní bakterie“ je ukazatelem provozního parametru pro interpretaci. Bakteriologické orientační hodnoty uvedené pro upravené šedé vody odráží potřebu kontrolovat kvalitu vyčištěné vody pro dobavy a užití.						

Tab. 3.6 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [6]

Parametr ^{C)}	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	Typ systému
	Tlakové mytí, zahradní rozstříkovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní		
Zákal [NTU]	< 10	< 10	Nelze aplikovat	< 10	BS 1427	Všechny systémy
pH	5–9,5	5–9,5	5–9,5	5–9,5	BS 1427	Všechny systémy
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	BS EN ISO 7393-2	Všechny systémy
Zbytkový brom [mg/l]	0	< 5,0	0	< 5,0	Blue Book 218, Method E10 [N3]	Všechny systémy

C) Kromě těchto parametrů by měly být všechny systémy kontrolovány na nerozpuštěné látky a barvu. Upravené šedé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a nemá být problematická barva pro všechna použití. Barva je obzvláště důležitá pro automatické pračky.

Tab. 3.7 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [6]

Výsledek vzorku ^{D)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
od G do 10×G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému
> 10×G	Červená	Pozastavit používání šedých vod dokud není problém vyřešen

D) G = směrné hodnoty (viz tabulka 3)

Tab. 3.8 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému^{E)} [6]

Výsledek vzorku ^{F)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
> G	Žlutá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému

E) Systém je pod kontrolou, pokud parametry jsou v úrovních, které uvádí tabulka 4. Pokud jsou hodnoty mimo uvedený rozsah, je nutné odebrat další vzorky. V případě přítomnosti barvy nebo nerozpuštěných látek na nežádoucí úrovni je nutné prozkoumat fungování systému a případný problém vyřešit.

F) G = směrné hodnoty (viz tabulka 3.5)

Je tedy jasné, že kvalita šedých vod se bude lišit v závislosti na způsobu používání van a sprch. Tedy po aplikaci povrchových látek dochází k různému stupni znečištění šedých vod.

K sledování stavu a úrovně znečištění šedých vod by mělo dojít, pokud je to možné, vždy před zahájením údržby. Dále pak, pokud to podmínky umožňují, by mělo dojít k vypuštění systému a následnému propláchnutí pitnou vodou, aby se co nejvíce snížila možnost kontaminace personálu. Místa využití šedých vod by měla být jasně označena nápisem „Nepitná voda“, nebo zákazovou značkou viz obrázek 3.2.



Obr. 3.2 Značení na místech používání nepitné vody [6]

3.3 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

Recyklování šedých vod začalo roku 1970. První systémy byly vyvinuty v NASA a používaly rozsévací zeminy s aktivní uhlíkovou absorpcí. Metody úpravy můžou být tedy rozděleny do dvou skupin:

- Fyzikálně – chemické metody úprav: pískové filtry a membrány (mikrofiltrace a ultrafiltrace). Tyto metody jsou obvykle spojené se zařízením s UV zářením pro konečnou dezinfekci. Membránové filtrační systémy jsou výkonnější než pískové filtry, protože eliminují znečištění organickými látkami a zákal. Jsou ovšem závislé na elektrině, hlavně z důvodu dosažení dostatečného tlaku.
- Biologické metody: působí jako mikroorganismy schopné rozkladu minerálů. Můžou to být membránové bioreaktory nebo aerobní biologické filtry. Tyto biologické metody umožňují přiměřenou redukci celkových koliformních bakterií, nepotřebují elektrickou energii, protože není nutný žádný růst tlaku. Potřebují ale dodatečnou dezinfekci.[7]

Jednoduché dvoustupňové technologie sestávají zpravidla z nerezového síta a dezinfekce pomocí sloučenin obsahujících chlór nebo UV záření a používají se tam, kde je nízká koncentrace nerozpuštěných látek. Riziková je především dezinfekce, protože hrozí při aplikaci sloučenin obsahujících chlór, kromě ClO_2 , vznik chlorovaných uhlovodíků nebo chloraminu. Zákal u šedých vod zamezuje zpravidla aplikaci UV záření. Dalším

problémem je pak vznik nežádoucích pachů způsobených především vyšší koncentrací surfaktantů řádově nad 3mg/l. [9]

Fyzikální procesy oproti tomu zvládají píkova zatížení bakteriocidních látek (např. bělicích činidel), které mohou výrazně ovlivňovat následné biologické procesy a přitom produkovat vyčištěnou vodu té nejlepší kvality. Fyzikální procesy si bohužel nejsou schopny poradit s organickým znečištěním odpadních vod. Proto jsou zpravidla kombinovány s koagulací, procesy iontové výměny nebo ozonizací.

U biologických procesů, které jsou doprovázeny membránovým čištěním, jsou vedle klasických aktivačních procesů nejčastěji používány biofiltry. Kombinací výše uvedených postupů jsme schopni dosáhnout i nejpřísnějších limitů na kvalitu šedých vod.

V další tabulce jsou uvedeny legislativní nároky na kvalitu šedých vod v zemích, kde je šedá voda již začleněna v legislativě. Jedná se o země jako je Austrálie, Německo, Kanada, Velká Británie atd..

Tab. 3.9 Legislativní nároky na kvalitu recyklované šedé vody ve vybraných zemích [9]

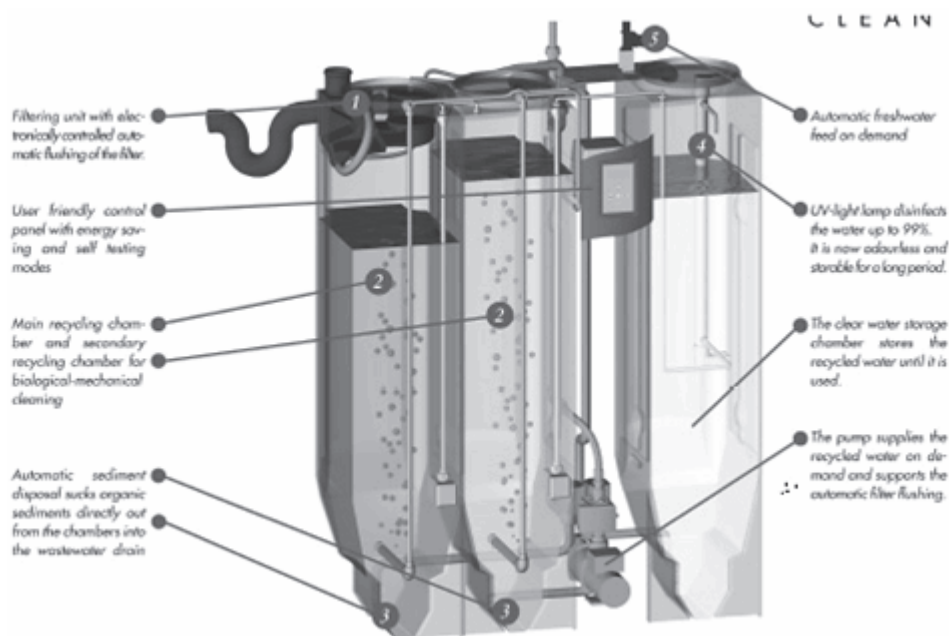
Parametr	Jednotka	Austrálie	Německo	Kanada	WHO	Velká Británie
BSK₅	[mg/l]	< 10	< 5	< 10	< 10	-
NL	[mg/l]	< 10	-	< 10	< 20	-
Zákal	[NTU]	-	-	< 2	-	-
Celkové koliformy	[KTJ/100 ml]	< 10	< 100	0	-	1000
E.Coli	[KTJ/100 ml]	-	-	0	-	250
Fekální koliformy	[KTJ/100 ml]	-	< 1000	-	< 10	-
Fekální streptokoky	[KTJ/100 ml]	-	< 1000	-	-	-
Pseudomonas aeruginosa	[KTJ/ml]	-	< 1	-	-	-
Intestinální enterokoky	[KTJ/100 ml]	-	-	-	-	100
Volný chlór	[mg/l]	0,5 - 2,0	-	> 0,5	-	-
Sensorika	[-]	-	bezbarvý, průzračný, bez zápachu	-	-	-
Nasycení kyslíkem	[%]	-	> 50	-	-	-
Průhlednost při 254 nm	[%]	-	> 50	-	-	-

3.3.1 Jednotlivé kroky v procesu úpravy šedé vody

Procesy úpravy šedé vody se liší podle následujícího použití a znečištění. Nejčastěji používaný postup je rozdělen do následujících bodů.

1. Primární filtr, určený na eliminování hrubých nečistot jako jsou vlasy nebo vlákna. Je umístěn tak, aby ho bylo možné propláchnout. Nečistoty jsou odváděny do kanalizace.
2. První komora je určená k prvnímu stupni biologického ošetření vody. Obsahuje substrát, na kterém rostou mikroorganismy v aerobních podmínkách. Po určité době se proces opakuje.
3. Číslo 2 na obrázku 3.3 je druhá komora určena k biologickému ošetření vody. Má stejnou úlohu jako první komora a tvoří druhý stupeň čištění.
4. Číslo 3 na obrázku 3.3 je prostor určený k usazování sedimentujících částic, které jsou následně odváděny do kanalizace.
5. UV lampa číslo 4 na obrázku 3.3 je instalovaná na vstupu upravené vody do kontejneru čisté vody.

Takto upravená voda odpovídá kvalitě vody vhodné ke koupání.



Obr. 3.3 Systém na čištění šedých vod [7]

3.4 RECYKLACE ŠEDÝCH VOD

Provozní voda se nejčastěji využívá ke splachování záchodů, zalévání zahrad nebo v menším měřítku k praní. Potřeba vody pro splachování záchodů je v domácnosti cca 30% a v komerčních budovách až 60%. Potřeba provozní vody v různých stavebních je uvedena v tabulce 3.10. [9]

Tab. 3.10 Potřeba provozní vody pro různá využití v budově [9]

Způsob využití provozní vody	Potřeba provozní vody	
	Úsporná zařízení	Neúsporná zařízení
Záchody v domácnosti	24 l/(osoba.den)	45 l/(osoba.den)
Záchody v administrativní budově	12 l/(osoba.den)	22 l/(osoba.den)
Záchody ve škole	6 l/(osoba.den)	12 l/(osoba.den)
Pračka v domácnosti	12 l/(osoba.den)	20 l/(osoba.den)
Zalévání zahrad	cca 1 l/m ² (na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část)	

3.4.1 Recyklace šedých vod pro zalévání

Problematikou recyklace šedých vod za účelem zavlažování se v České republice zabývá norma ČSN 757143 Jakost vod, jakost vod pro závlahu. Z předešlých tabulek vyplývá, že šedé vody obsahují rozdílné hodnoty koncentrací nerozpuštěných látek, solí, organických látek a patogenů. Většina jich vzniká především při praní prádla s využitím detergentů. Ty obsahují poměrně velké množství různých chemických sloučenin, jako jsou:

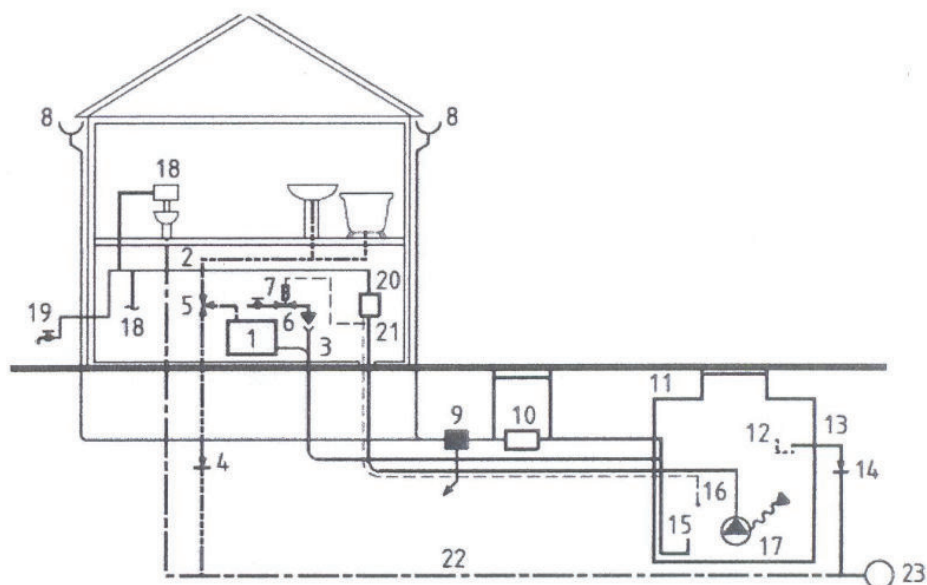
- surfaktanty
- bělicí činidla
- aditiva
- pomocné prostředky.

Z hlediska efektivních aplikací šedých vod na půdu je nutná přítomnost některých solí obsahujících nutrienty, ideálně ve správném poměru. Ideální poměr je důležitý zejména z důvodu, abychom se vyhnuli nepříznivým nebo dokonce toxickým vlivům na rostliny. Pokud dojde ke zvýšené koncentraci bóru, sodíku, zinku, hliníku nebo pH je vyšší než 9, tak může dojít k významně negativnímu vlivu na půdy.

3.4.2 Recyklace šedých vod v budovách

Z ekonomického hlediska je jasné, že k největším úsporám dojde při kombinaci využití šedých a dešťových vod u budov s možností velké spotřeby bílých vod. Toto je pak patrné

na následujícím obrázku 3.4. Různé kombinace systému je pak nutné zvážit s ohledem na cenu a podmínky nakupované vody. [9]



Obr. 3.4 Schéma společného využití srážkových vod a vyčištěných šedých vod [9]

Části systému šedé vody: 1 – jednotka na úpravu šedé vody, 2 – kanalizační potrubí šedé vody z koupelny k úpravě, 3 – potrubí odvádějící vodu z úpravny do akumulční nádrže, 4 – zpětná armatura, 5 - oblouk, 6 – volný odtok, 7 – záložní zásobování vodou s elektromagnetickým ventilem

Části systému dešťové vody: 8 – střešní žlab, 9 – přepínání vody do vsakovacího zařízení/dešťové kanalizace (pokud je akumulční nádrž plná), 10 – filtr v přístupné komoře

Společné části: 11 – akumulční nádrž, 12 – volitelná zápachová uzávěrka na odtoku, 13 – Přepad, 14 – zpětná armatura a zábrana proti škůdcům, 15 – uklidněný přítok, 16 – čidlo/plovákový spínač, 17 – ponořené čerpadlo s plovoucím sacím košem, 18 – zařizovací předměty s nepitnou vodou např. WC, pračka, 19 – odtokový ventil na hadici pro zálivku, 20 – kontrolní jednotka s ochranou čerpadel proti chodu na sucho, 21 – potrubí rozvádějící dešťovou a upravenou šedou vodu, 22 – kanalizace

3.4.3 Vnitřní kanalizace pro odvádění šedých vod

Pro vnitřní kanalizaci platí ČSN EN 12056 a ČSN 756760. V ČSN EN 12056-2 je na oddělení šedé a černé vody pamatováno v systému vnitřní kanalizace č. IV. Podle této normy je předpokládáno využití dvou oddělených splaškových potrubí. Jedno slouží

výhradně k odvodu černé vody z WC a pisoárů a druhé, odpadní potrubí, odvádí šedou vodu a přebytečné vody z jímky. Všechny jímky a nádrže musí být odvětrávány. [9]

3.4.4 Vnitřní vodovod provozní vody

Vyčištěná šedá voda neboli provozní voda se nazývá voda bílá. Je to voda nepitná. Musí mít tedy oddělený vodovod, který slouží k rozvodu této vody k výtokovým armaturám, splachovačům atd... Navrhuje se, provádí a zkouší dle ČSN EN 806 a ČSN 73 6660. Nezbytné je označení potrubí a výtokových armatur, které jsou určeny pro rozvod bílých vod, na což pamatuje ČSN EN 806-4. Místa použití šedých vod by měla být jasně označena nápisem „Nepitná voda“ nebo zákazovou značkou (obr. 3.2).

Potrubí pro rozvod provozní vody nesmí být v žádném případě přímo spojené s potrubím pitné vody. V případě řešení doplňování systému šedých vod pitnou vodou, je potřeba systém pitné vody chránit proti zpětnému průtoku šedých vod tak, aby nedošlo ke kontaminaci podle ČSN EN 1717. [9]

3.4.5 Způsoby recyklace tepla šedých vod

Teplota šedé vody je závislá na mnoha různých činitelích, jako je návštěvnost zařízení, směnovitost provozu atd. Z tohoto důvodu je tedy patrné, že nejvýhodnější je individuální posouzení u každého objektu. Z ekonomického hlediska bude tedy nejvýhodnější využití recyklace šedých vod v místech, kde dochází k vyššímu vypouštění teplých šedých vod. Recyklací teplých šedých vod můžeme dosáhnout snížení nákladů:

- na ohřev TUV (teplé užitkové vody),
- na ohřev teplé provozní vody,
- případně na vytápění objektu.

3.4.6 Metody využívané k odběru tepla

Odebírání tepla z odpadních vod se provádí lokálně nebo centrálně a to v závislosti na průtoku odpadní vody. Pro menší budovy, jako jsou rodinné domy, je z ekonomického hlediska výhodnější lokální rekuperace tepla, která reaguje na aktuální spotřebu. V opačném případě je možno odpadní vodu akumulovat, následně z ní odebrat teplo a poté ji vypustit do stokové sítě.

Lokální systémy

Tyto systémy rekuperace tepla fungují na principu předehřívání studené vody přitékající do sprch nebo jiných systémů. Existují dvě metody, a to:

- předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu,
- předehřev studené vody do zásobníku TUV.

Obě tyto řešení jsou nejvýhodnější pro rodinné domy a menší provozy. Předehřev vody pro okamžitou spotřebu je znázorněn na obrázku 3.5. Doba, od které je předehřátá voda k dispozici, je závislá na vzdálenosti výměníku a délce potrubí. Teplota předehřáté vody dosahuje 20°C a tuto vodu je možné přímo napojit do okruhu sprch nebo umyvadel. Díky tomuto opatření dochází ke snížení spotřeby TUV, protože ve směšovací baterii dochází k příznivějšímu poměru míchání TUV a předehřáté studené vody. Tento systém je výhodnější než odvádění předehřáté vody do zásobníku, protože nedochází k takovým tepelným ztrátám. Srovnávací návrhové hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 3.11 a 3.12.

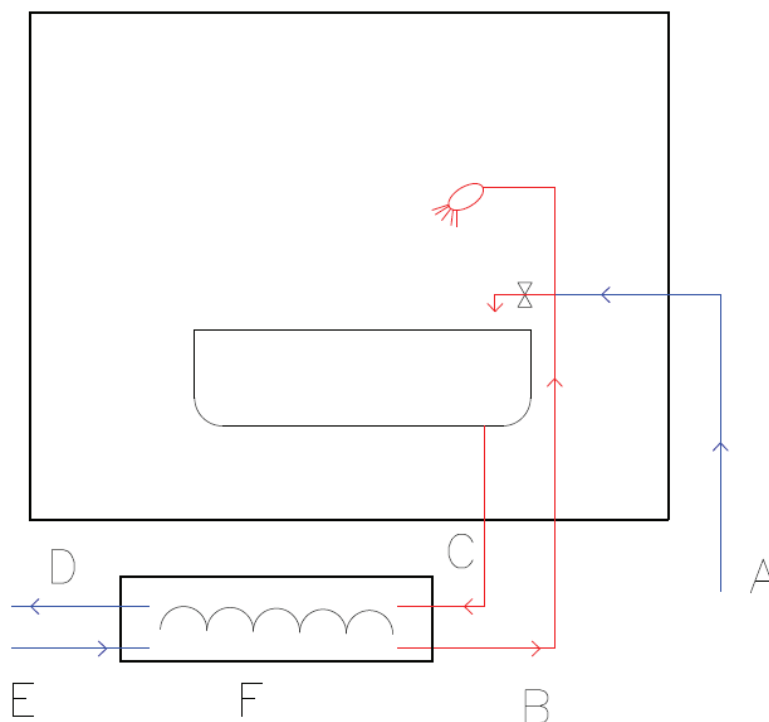
Předehřev studené vody do zásobníku teplé užitkové vody je druhou možností. V zásobníku pak dochází k dohřívání vody na požadovanou teplotu. Zde lze pak využít stratifikace vody v zásobníku, to znamená teplo odvádět do místa výměníku, které má příslušnou teplotu. [9]

Tab. 3.11 Kalkulace úspor při použití předehřevu studené vody [9]

Způsob ohřevu vody	Bez předehřevu	S předehřevem	Rozdíl
	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok
Elektřina	17479	13870	3609
Plyn	14732	12128	2604
Tepelné čerpadlo	7661	6543	1118

Tab. 3.12 Vstupní informace pro kalkulaci[9]

Popis	jednotka	
Spotřeba teplé vody (40°C)	0,328	m ³ /d
Teplota studené vody v zimě	5	°C
Teplota studené vody v létě	15	°C
Teplota teplé vody	55	°C
Teplota předehřáté vody	20	°C
Spotřeba tepla na ohřev vody (10°C)	8100	kWh/rok
Spotřeba tepla na ohřev předehřáté vody (20°C)	6285	kWh/rok
Rozdíl	1815	kWh/rok



Obr. 3.5 Možné zapojení lokálního systému předehřevu vody pro okamžitou spotřebu

A – teplá užitková voda, B – předehřátá studená voda, C – teplá odpadní voda, D – ochlazená odpadní voda, E – studená voda, F – výměník tepla

Centrální systémy

Centrální systémy jsou vhodné pro větší objekty, které produkují větší množství šedých vod. V těchto případech je odběr vody kolísavý, proto dáváme přednost z ekonomického a technického hlediska shromažďování vody v akumulční jímce, která pak slouží jako zdroj tepla pro primární okruh tepelného čerpadla. Hlavní výhodou tohoto systému je jednoduchost tepelného výměníku, který lze řešit za pomoci plastových trubek nebo hadic, což má za následek nízké investiční náklady. Naproti tomu zásadním problémem je, že nesmí dojít ochlazení vody pod bod mrazu, protože by mohlo dojít k zamrznutí jímky. Teplo z jímky můžeme tedy odebírat pouze v případě splnění požadovaného průtoku a teploty. V případě, že dojde k překročení mezní teploty, je potřeba zajistit tepelnému čerpadlu odebírání teploty z jiného zdroje tepla. V tomto uspořádání je možno dodávat teplo i do rozvodné sítě tepelného vytápění. Asi největší výhodou je možnost chlazení pomocí tepelného čerpadla v letních měsících.

V případě, že spojíme všechny možnosti recyklace šedých vod, jejich čištění a využití maximálního energetického potenciálu v domácnostech, může vzniknout technologické schéma znázorněné na obrázku 3.6. V tomto systému je předpokládáno mechanické

předčištění šedých vod pomocí jemného síta a jejich akumulace v zásobní nádrži. V této zásobní nádrži je umístěno tepelné čerpadlo, které předává energii do zásobníku teplé užitkové vody. Mechanicky předčištěná voda je poté přečerpána do reaktoru s vestavěným membránovým modulem. Pokud je nízká produkce šedé vody, tak je zde zaveden bezpečnostní přívod pitné vody, aby nedošlo k selhání systému. Šedá voda je vyčištěna pomocí membrán a je přečerpána do akumulční nádrže vyčištěné vody. Zde je dodatečně ošetřena UV lampou, díky čemuž dojde k hygienickému zabezpečení. Po této úpravě může být šedá voda již využívána.



Obr. 3.6 Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod a získávání tepla [9]

1 – jemné síto, 2 – dávkování NaOH, 3 – přečerpání šedé vody do reaktoru, 4 – tepelné čerpadlo, 5 – membránový filtr, 6 – dmýchadlo, 7 – čerpadlo permeátu, 8 – ponorné čerpadlo ATS, 9 – membránová tlaková nádoba, 10 - UV lampa, 11 – vyrovnávací nádrž šedých vod, 12 – reakční nádrž, 13 – akumulční nádrž šedé vody, 14 – zásobník TUV, 15 – tepelný výměník

A – šedá voda, B – permeát, C – vyčištěná šedá voda do spotřebiště, D – pitná voda, E – teplá užitková voda TUV

Maximální ekonomické zhodnocení znovuvyužití a recyklace šedých vod zahrnuje jejich recyklaci a energetické využití. Z důvodu nízkých koncentrací dusíku a fosforu není

recyklace nutrientů příliš ekonomická. Z hlediska nakládání se šedými vodami po zahrnutí jak ekonomického tak technického hlediska je asi nejzajímavější:

- recyklace spojená s čištěním, nejčastěji v membránovém reaktoru a případně dalším dočištěním pomocí pokročilých oxidačních procesů, biologie nebo UV záření, které je závislé na způsobu využití (zavlažování nebo v budovách),
- ekonomická recyklace jak pro malé domácnosti, tak pro velké kancelářské budovy, ale především pro sauny, wellness a hotely.

4 DEŠŤOVÉ VODY

Dešťová voda není sice pitná voda, ale je to nezávadná voda a hodí se pro mnohé užitkové účely více, jak pitná voda. Za 10 roků používání systému na využití dešťových vod nebyl v Evropě zaznamenán jediný případ onemocnění nebo jiného poškození, způsobeného dešťovou vodou v Rakousku, Švýcarsku nebo Německu se dešťová voda v rodinných domech zachytává a využívá posledních 10 let. V některých regionech je dokonce využívání dešťových vod podporované státními dotacemi.

4.1 VLASTNOSTI DEŠŤOVÉ VODY

V mechanicky odfiltrované dešťové vodě registrujeme zanedbatelný obsah rozpuštěných cizorodých látek. Podle dlouhodobých měření se v 1000 gramech vody nachází pod 0,009 gramu iontů jako je vápník, sodík, hořčík atd., a těžkých kovů jako je měď, zinek nebo olovo je zde ještě méně, koncentrace se pohybuje pod hranicí 0,001gramu. Organické látky jsou na tom podobně, také pod hranicí 0,001 gramu. Jedná se tedy o minimální množství. Pro porovnání například v přírodních minerálních vodách jako je Mattoni přesahuje koncentrace 0,02 gramu na litr, což je o poznání více. Co se týče výskytu kyselých dešťů, ten je v oblastech s hustou průmyslnou výrobou díky přísným ekologickým limitům minulosti. Běžně distribuovaná pitná voda je voda tvrdá, na rozdíl o dešťové vody, která je měkká, čímž se hodí na mnoho účelů více jako pitná voda:

- Velmi dobré rozpouštěcí vlastnosti, proto je výborná na praní, umívání dlažby, čištění atd..
- Díky nízkému obsahu minerálních látek, po vypaření nezanechává bílé stopy, hodí se proto na umývání oken, aut, výloh.
- Další výhodou je, že neobsahuje chlór, a má vyšší teplotu než voda z distribuční sítě, proto se hodí na zavlažování trávníku, nebo zalívání rostlin.
- Je to měkká voda, proto nedochází k zanášení trysek zahradní techniky vodním kamenem a v případě fontán nedochází k zanášení pracích spirál.
- Je to destilovaná voda, proto je vyprané prádlo dokonale zbaveno zbytků pracího prášku, je měkké a nevyžaduje dodatečnou úpravu za pomoci aviváže.

4.2 TYPY ZNEČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉ VODY

Při výpočtu znečištění akumulované dešťové vody je zapotřebí znát délku tzv. bezdeštného období, dále pak intenzitu atmosférických srážek, a v neposlední řadě objem

dešťového odtoku. K výraznému snížení látkového znečištění se dá dosáhnout oddělením prvních 1-3mm srážek.

Vzhledem k tomu, že k tvorbě dešťových mraků dochází vlivem odpařování vody z hladin moří, jezer, řek atd., mohla by se dešťová voda považovat za vodu destilovanou. Bohužel ihned při vstupu do atmosféry, dochází ke kontaktu s jinými chemickými látkami, které obsahuje atmosféra. Její kvalita je tedy výrazně ovlivněna znečištěním ovzduší v dané oblasti.

Znečištění již zachycené dešťové vody je trojího původu:

- Rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosférických látkách.
- Znečištění, které se během bezdeštného období nahromadí na povrchu území a během dešťové události je odváděno s dešťovou vodou.
- Znečištění, které vzniká při kontaktu dešťové vody s materiály na povrchu území.[8]

4.2.1 Znečištění v atmosférických srážkách

Atmosféra obsahuje mnoho škodlivých látek, které se do ní dostávají lidskou činností. Největší koncentrace je pak v průmyslných oblastech, nebo v okolí velkých měst. Během deště dochází mezi vodou a těmito látkami k reakci a následnému čištění atmosféry. Dešťová voda tedy není čistý kondenzát, obsahuje především antropogenní znečištění kouřovými plyny a dopravou. V atmosféře obsažené látky jsou přenášeny na velkou vzdálenost a v dešťové vodě se tedy projevují vlivy ze vzdálených oblastí tak i z lokálního znečištění.

Kyseliny a kyselinotvorné látky jako je kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková, jsou převážně antropogenního původu a převažují nad zásaditými látkami jako např. uhličitán vápenatý a hořečnatý nebo amoniakální dusík, které se do atmosféry dostávají z přirozeného prostředí. Zdrojem kyselin jsou pak zejména tyto sloučeniny SO_2 , H_2S , N_2O , NO a NO_2 , které vznikají ze spalování fosilních paliv, ve spalovacích motorech nebo taky mikrobiální denitrifikací. Chlor se do ovzduší dostává pak spalováním umělých hmot obsahující PVC. Zdrojem zásaditých látek je zemědělství a to hlavně díky aplikaci hnojiv. V následující tabulce 4.1 je pak vidět průměrné složení srážek pro Českou republiku.

Tab. 4.1 Chemické složení srážek v ČR - průměrné hodnoty koncentrací naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2004 [8]

	Ca	Mg	Na	K	NH_4^+	SO_4^{2-}	Cl ⁻	NO_3^-	Fe	Mn	Pb	Zn	F
mg/l	0,37	0,06	0,25	0,19	0,9	1,7	0,31	2,4	0,017	0,007	0,002	0,007	0,012

4.2.2 Znečištění nahromaděné na střechách během bezdešťného období

Pro střešní plochy je déšť v podstatě jediným způsobem čištění. Tedy do dešťových vod se dostávají všechny látky, které se během bezdešťného období nahromadí na povrchu střech. Jsou to pak rozpuštěné kysličníky CO_2 a SO_2 , a kolísající podíl organických látek jako např. pyl, popel, ptačí trus a choroboplodné zárodky. Choroboplodné zatížení je ovšem velice nízké, a proto pokud se bude s dešťovou vodou zacházet zodpovědně, tak by nemělo dojít k ohrožení zdraví.

4.2.3 Znečištění vzniklé po kontaktu s různými materiály

Posledním typ znečištění, které se dostává do dešťových vod, je závislé na typu povrchu, po kterém stéká. Toto znečištění je způsobováno opotřebením stavebních materiálů díky povětrnostním vlivům. Z těchto materiálů se pak uvolňují částčky střešních krytin, betonů, kovů, barev, asfaltu apod. Tyto částice tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku. Je tedy jasné, že rozsah znečištění je závislý na technickém stavu budov. Některé typy materiálů, jako je eternit nebo lepenka, mohou uvolňovat nežádoucí látky. Pokud tedy dojde ke kontaminaci dešťového odtoku pesticidy, musí být zaústěn do kanalizace s odtokem na čistírnu odpadních vod. Z nátěru střech a okapů se uvolňuje rozdílné množství částic opět závislé na místních podmínkách. U kovových látek dochází vlivem povětrnostních podmínek ke korozi uvolňování toxických látek jako je měď, zinek a chrom. Tedy v případě plánovaného využívání dešťové vody je lepší se vyvarovat těmto materiálům, a pokud to místní podmínky dovolí, využít v co největší míře inertní materiály.

4.3 POŽADAVKY NA KVALITU DEŠŤOVÉ VODY

Při užívání dešťové vody nesmí dojít k:

- Ohrožení zdraví uživatele.
- Ohrožení kvality pitné vody (v důsledku chybných instalací).
- Omezení komfortu užívání vody.
- Kontaminaci životního prostředí, především půdy a podzemní vody. [8]

V tabulce 4.2 jsou uvedeny rozdílné požadavky na kvalitu dešťové vody vzhledem k jejímu plánovanému využití.

Tab. 4.2 Požadavky na dešťové vody z hlediska jejich využití [8]

Druh znečištění	Požadavky na složení dešťové vody ze střech			
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů			
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu		Zpravidla bez významného vlivu	
Barva			Zpravidla bez významu	Nebezpečí obarvení
Zápach		Zpravidla bez významu		
Agresivita vody		Podle složení vody a typu pračky		
Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu

4.4 ZPŮSOB ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉ VODY

Chceme-li používat dešťovou vodu především na zahradě na zalévání nebo na mytí auta, postačí systém, nevyžadující žádnou zvláštní filtraci vody. Je vhodné pouze zabezpečit, aby do akumulační nádrže nebylo splavováno listí a další větší nečistoty, které by nádrž zanášely. Využití dešťové vody např. na praní už vyžaduje podstatně kvalitnější filtraci.

Při čištění dešťové vody se uplatňují dva procesy:

- filtrace
- sedimentace

Sedimentace probíhá buď v samotné akumulční nádrži na dešťovou vodu, nebo v nádrži usazovací, předsazené nádrži akumulční.

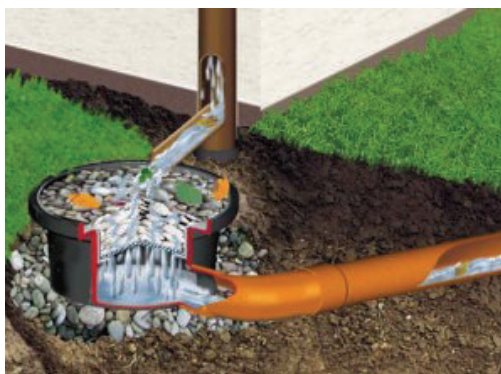
Pro filtraci můžeme použít dva typy filtrů - interní nebo externí. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty, které se napojují mezi okapový svod a jímku. Zpravidla umožňují spojení dvou větví okapových svodů a po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do jímky a v případě samočisticích filtrů, odtok přebytečné vody a nečistot do kanalizace. Interní filtry jsou umístěny uvnitř nádrže, mají jeden přítok, odtok vyčištěné vody do nádrže a možnost napojení přepadového sifonu pro odtok přebytečné vody.

Používáme-li dešťovou vodu na praní, nebo splachování WC, kde voda prochází jemnými tryskami, je možné použít jemný filtr pro montáž do tlakového potrubí za čerpadlem.

4.4.1 Typy zařízení na čištění a akumulaci dešťové vody

Filtrační podokapový hrnec

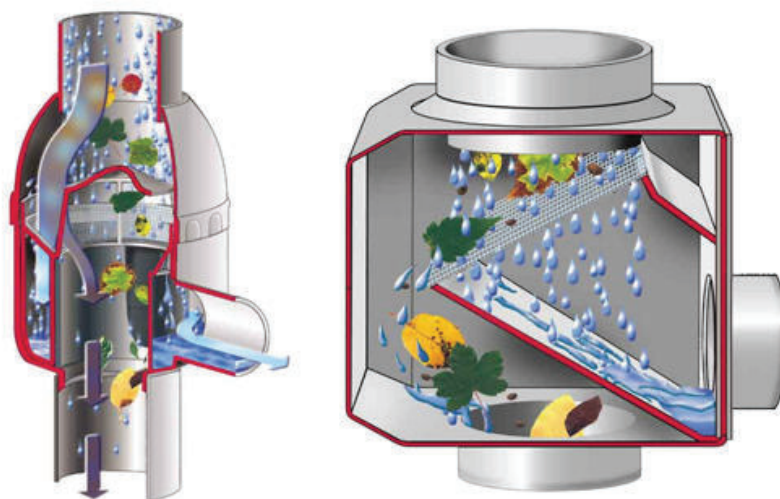
Je určen pro filtraci vody z jednoho okapového svodu. Při instalaci se zapouští do země a ukládá se na vrstvu betonu nebo šterku. Tělo filtru může být tvořeno ze silnostěnného polypropylenu. Filtrace je zajišťována sítkem, na kterém je umístěna cca 5 cm vrstva filtračního materiálu (kameniva), na jejichž povrchu se zachytávají nečistoty. Mezi kamenivem a filtračním sítkem je umístěna filtrační vložka z netkané textilie. Tento typ filtrů je určen pro vodu na zavlažování, na doplňování rybníčků nebo na vsakování.



Obr. 4.1 Filtrační hrnec

Okapový filtr

Nasazuje se na okapový svod. Okapové filtry jsou určeny k odfiltrování hrubších nečistot jako je listí, klacíky, plody ovoce, mech apod. Jemné části jako prach, písek apod. se sice z části mohou na filtru zachytit, ale z části propadnou a budou sedimentovat na dně nádrže. Filtry jsou samočisticí a není tedy potřeba jejich kontrola a údržba. Nečistoty jsou odplavovány zbytkovou vodou do kanalizace.



Obr. 4.2 Svodové okapové filtry [6]

Košíčkové filtry

Universální košíčkové filtry jsou vhodné pro všechny druhy využití dešťové vody. Košíčková filtrace zajistí 100% výtěžnost přefiltrované vody, neboť na rozdíl od samočisticích filtrů proteče veškerá voda skrz filtr do nádrže. Košíčky je možné použít jak samostatně, tak jako součást filtrační šachty. Samostatně zavěšený košíček představuje technicky nejjednodušší a cenově nejpříznivější filtrační jednotku. Nevýhodou je nutnost údržby a snížení využitelného objemu nádrží.

Jednou možností využití košíčkového filtru je umístění sítka do tělesa filtru. Filtrační jednotka je tvořena plastovým sítkem s poutkem pro snadnou manipulaci. Tato varianta má 3 předpřipravené otvory, dva nad úrovní síta a jeden při dně. Otvory nad sítem jsou prakticky ve stejné úrovni a lze je použít jako nátok a přepad do kanalizace nebo jako dva nátoky od dvou okapových svodů (v tomto případě musí mít jímka vlastní přepadový otvor).



Obr. 4.3 Filtrační koš v tělese filtru [6]

Skladování zachycené dešťové vody

Filtrováním dešťové vody pomocí různých filtrů dochází k odstranění nečistot a v nich přebývajících bakterií. Dešťový odtok je zaústěn do nádrže (cisterny). K udržení hygieny zachycené vody také pochopitelně přispívá, pokud je zachycovaná dešťová voda uskladněna na chladném místě a není vystavena přímému slunečnímu záření. Nádrže na povrchu terénu jsou většinou levnější, jsou však vystaveny vlivu kolísání teplot, světla a eventuálnímu znečištění. Z těchto důvodů se doporučují (především u nových nebo rekonstruovaných objektů) cisterny umístěné v zemi.



Obr. 4.4 Akumulační nádrž [6]

Umístění nádrží ve sklepech se nedoporučuje (vliv vyšší teploty a event. světla), pokud se voda ve sklepě skladuje, nemá teplota sklepního prostoru přesáhnout 18°C, aby nevzniklo nebezpečí rozvoje mikroorganismů. Pro vodu v cisternách platí zásada: pokud možno nejméně světla a nejnižší možná teplota. Také se doporučuje z hygienických důvodů neskladovat vodu v akumulací nádrži příliš dlouho.

4.4.2 Faktory ovlivňující kvalitu vody a hygienu při využívání dešťových vod

Mezi faktory ovlivňující kvalitu vody a hygienu při užívání patří:

- jímání ze střešních ploch bez zvláštních zatížení, např. holubů,
- filtrační systém mezi zachytnou plochou a dešťovým zásobníkem,
- sedimentace v zásobníku vlivem uklidněného přítoku,
- ochrana proti přístupu světla do zásobníku,
- těsné zakrytí zásobníku,
- ochrana zásobníku před plyny ze stok,
- ochrana zásobníku proti hmyzu a vzduší z kanalizace,
- odběr dešťových vod alespoň 15 cm nade dnem zásobníku,
- pravidelné kontroly a údržby zařízení.

Pokud jsou tyto faktory brány na zřetel a zařízení na dešťové vody zřízeno a udržováno podle stavu technologie, jsou dešťové vody bez omezení použitelné na místech potřeby a pro zmíněné způsoby využití.

4.5 ZASAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD

U skladových areálů, průmyslových a zemědělských objektů je zasakování nyní nejběžnější způsob likvidace dešťové vody také z důvodu ekonomické dostupnosti. Současně odpadají povinnosti placení poplatků za odvod dešťových vod do kanalizace.

Rozdíly v hospodaření s dešťovou vodou vycházejí jednak z platné legislativy, ale respektují také specifika daná různým charakterem staveb. Dešťové vody komplexně podléhají ochraně dle Vodního zákona č. 254/2001 Sb. a při jejich odtoku Zákonu o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. Nakládání s dešťovou vodou je dále upravováno různými vyhláškami.

4.5.1 Vsakování velkých objektů jako jsou průmyslové haly

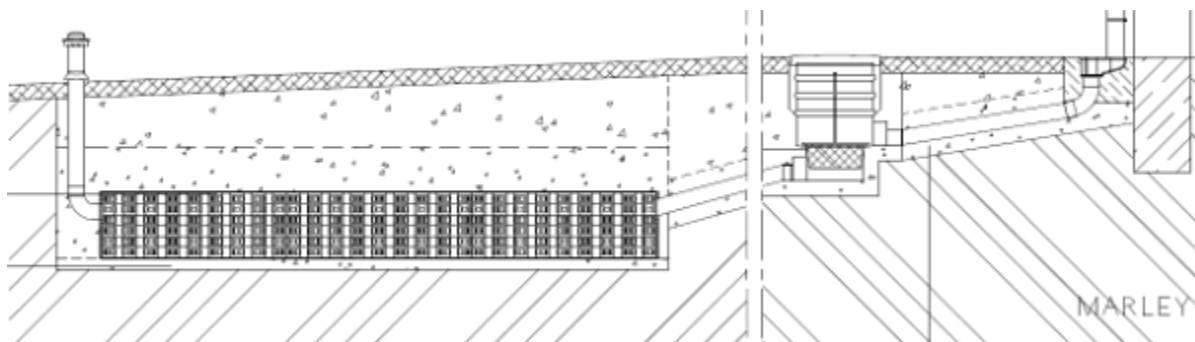
Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území č. 501/2006 Sb., stanoví v § 20 odst. (5):

Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno, vsakování dešťových vod (§ 21 odst. 3) nebo jejich zdržení na pozemku v kapacitě 20 mm denního úhrnu srážek před jejich svedením do vodního toku či do kanalizace pro veřejnou potřebu jednotné či oddílné pro samostatný odvod dešťové vody¹⁴⁾ veřejné dešťové nebo jednotné kanalizace.

Vsakování dešťové vody má značný ekologický význam v souvislosti s udržení hladiny podzemních vod a v prevenci povodní. V současné době je to u skladových areálů, průmyslových a zemědělských objektů, nejběžnější způsob likvidace dešťové vody také z důvodu ekonomické dostupnosti. Odpadají tak povinnosti placení poplatků za odvod dešťových vod do kanalizace.

Často jsou pro tyto účely využívány vsakovací bloky oddělené od terénu geotextilií. Na rozdíl od štěrkových jam se záchytnou kapacitou cca 30% objemu mají kapacitu 95% a šetří tak 2/3 nákladů na zemní práce, dopravu materiálu atd. Takto lze sestavit vsakovací objekt prakticky libovolného objemu. Na vstupu je umístěna filtrace chránící před zanášením, v případě odvodnění zpevněných ploch je nutné zařazení odlučovače ropných látek. Důležité je také odvzdušnění pro usnadnění nátoky.

Vsakování dešťové vody má svá omezení. Základní podmínkou jsou vhodné hydrogeologické podmínky, tj. dostatečná propustnost podloží s hladinou podzemní vody min. 1 m pod plánovanou úrovní dna vsakovacího objektu. Dále je třeba dodržet odstup od budov ve vzdálenosti min. 1,5 – násobku hloubky základů a odstup od stromů minimálně ve vzdálenosti poloměru koruny dospělého stromu. Na následujících dvou obrázcích jsou uvedeny příklady systému zasakování dešťových vod.



Obr. 4.5 Příklad vsakovacího bloku [6]

4.5.2 Vsakování u malých objektů jako jsou rodinné domy

Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území č. 501/2006 Sb., stanoví v § 21 odst. (3):

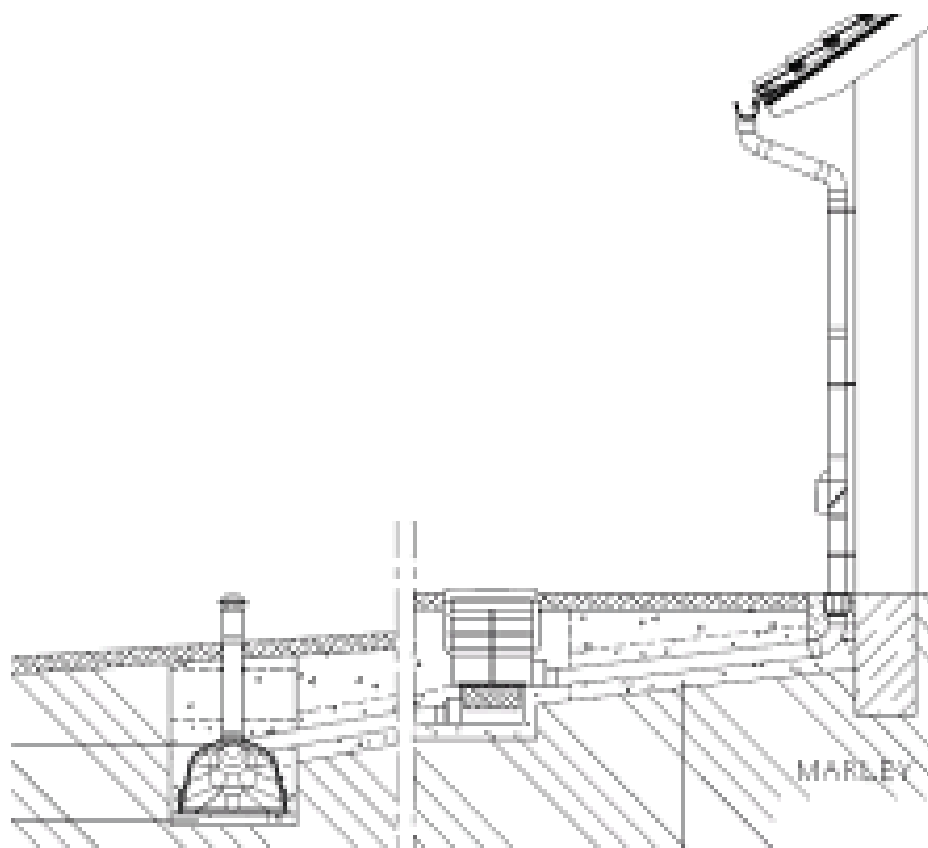
Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno [§ 20 odst. 5 písm. c)], jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě:

- samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,
- řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.

Přestože výše uvedenou podmínku splňuje většina stavebních pozemků, v rozvojových lokalitách často kanalizace neumožňuje z kapacitních důvodů odvod dešťové vody a je třeba ji zlikvidovat na pozemku stavebníka. Vsakování je opět nejjednodušší a tedy ekonomicky nejdostupnější variantou. Oblíbeným řešením v současné době je instalace vsakovacích tunelů, které na rozdíl od oblíbených "trativodů" se zachytanou kapacitou cca 30% objemu mají kapacitu 100% a šetří tak 2/3 nákladů na zemní práce, dopravu materiálu atd. Navíc umožňují revizi a proplach celého systému.



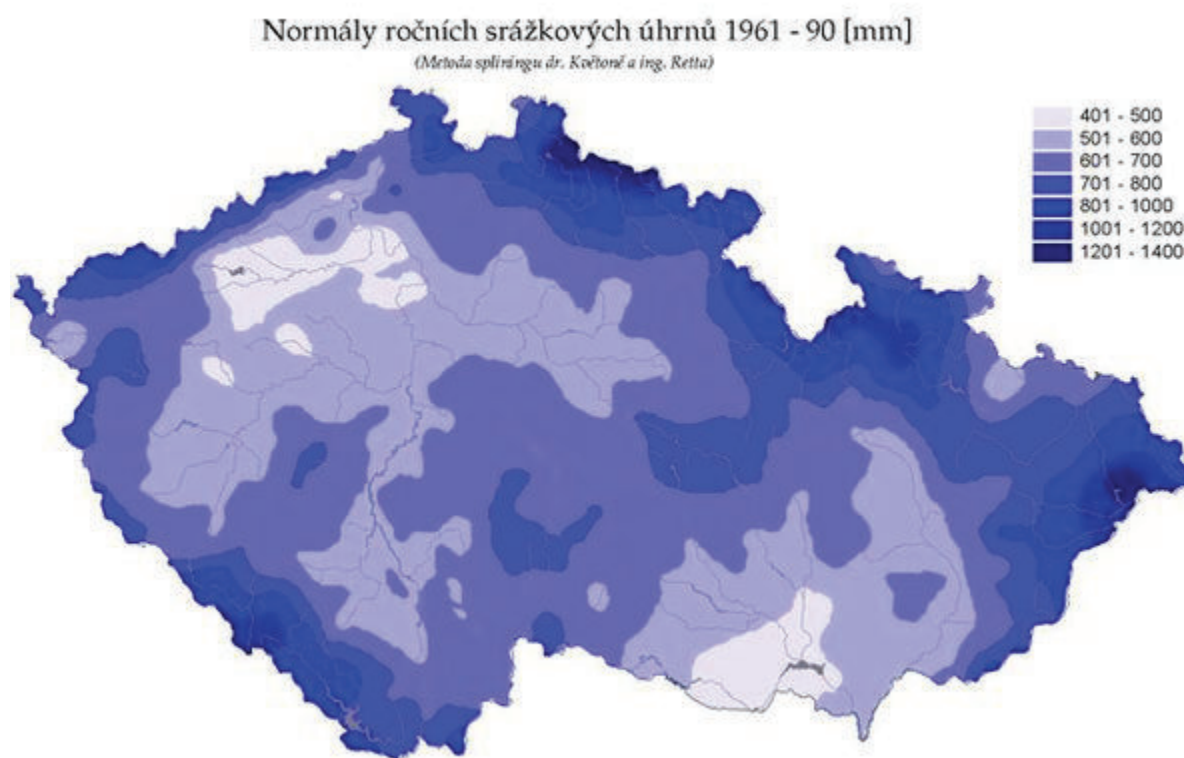
Obr. 4.6 Vsakovací tunel



Obr. 4.7 Všakovací tunel - řez

5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD

Jak je patrné z předchozích textů, počet možností a různých kombinací využití šedých a dešťových vod je nezměrný. Z následujícího obrázku 5.1 je patrné, že množství zachycené dešťové vody nebude na celém území České republiky stejné. V kapitole 5.1.1 je pak uvedeno porovnání výše ročních úspor pro Jižní Moravu a Beskydy.



Obr. 5.1 Průměrné roční úhrny srážek

5.1 VYUŽITÍ SYSTÉMU POUZE NA DEŠŤOVÉ VODY

Jako příklad bych rád uvedl možnost využití na Fakultě stavební VUT v Brně, která spotřebuje cca 10 000 m³ vody za rok. Podstatná část této vody se spotřebuje na splachování toalet, kde není zapotřebí voda kvality vody pitné. Dešťová voda ze střech je odváděna do kanalizace. Celková plocha střech budov v areálu činí 15500 m². Za rok, při průměrném ročním úhrnu deště 550 mm, musí být kanalizací odvedeno přes 6000 m³ dešťové vody. Cena za 1 m³ vody odváděné kanalizací byla v roce 2007 26,66 Kč, což představuje roční úsporu cca 200 000 Kč. Pokud bychom tedy zavedli využití dešťových vod již v roce 2007, tak by fakulta uspořila do dneška cca 1000 000 Kč. Samozřejmě je

potřeba zohlednit náklady na výstavbu, které by v případě vybudování pro celou fakultu byly velmi vysoké.

5.1.1 Příklad využití dešťové vody v rodinném domě

Dalším příkladem nákladů je vybudování tohoto systému pro rodinný dům obývaný 3 osobami, nacházející se na Jižní Moravě (roční úhrn srážek cca 550 mm), o celkové ploše střechy 90m². Odhadované množství zachycených srážek je 2970 l. Jižní Moravu jsem si zvolil, protože zde bydlím, jinak z hlediska akumulace srážek by bylo výhodnější zvolit jinou oblast s větším objemem ročního úhrnu srážek. Rozdíl a ekonomické zhodnocení je uvedeno na konci této kapitoly.

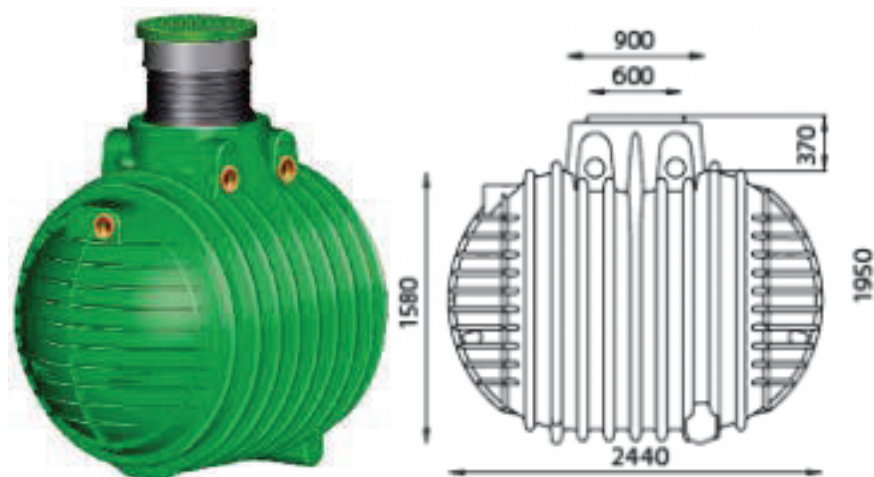
Systém pro akumulaci, úpravu a opětovné využití šedých vod se skládá z:

- nádrže,
- filtračních mechanismů,
- čerpací techniky.

Jednotlivým částem se věnuji v následujících bodech, kde jsou ve stručnosti popsány jejich charakteristické hodnoty i cena. Součásti jsou zvoleny na základě vstupních hodnot které jsou popsány výše.

Nádrž

Columbus 3700 l - ideální řešení pro celoroční využívání dešťové vody ze střech 100 až 200 m² v domácnosti (např. WC) i v zahradě.



Obr. 5.2 Nádrž COLUMBUS 3700l [10]

Cena cca 27 500Kč

Filtrace

Podzemní filtrační šachta s teleskopem – slouží k filtraci vody pro akumulaci nebo vsakování, charakterizují ji:

- filtrační koš s otvory 0,35 mm,
- nastavitelná hloubka 570 - 1050 mm,
- slouží pro odvodňovanou plochu 350 / 500 m²,
- připojení DN 100 / DN 150.



Obr. 5.3 Podzemní filtrační šachta s teleskopem[10]

Cena: 7 479 Kč

Součástí filtrační sady, je alespoň podle výrobce, sada pro klidný nátok za 1 495 Kč a
přepadový sifon za 2 376 Kč

Čerpací technika

Čerpací sada ESSENTIAL s trojcestným ventilem. Hlavním cílem **čerpadla ESSENTIAL** je dát přednost používání dešťové vody místo vody z vodovodu. Jestliže je dešťové vody zachycené ve sběrné nádrži nedostatek, řídicí jednotka předává signál systému dodávky vody z vodovodu, a tím zajišťuje přívod vody do bodů odběru (voda dodávaná systémem není pitná). Spojení mezi sběrnou nádrží dešťové vody a sběrnou nádrží vody z vodovodu, která je zabudována do systému, se provádí pomocí trojcestného ventilu nainstalovaného na sání čerpadla.

- Cena čerpadla je 17 280 Kč, další nezbytné součásti pro provoz čerpadla jsou:

- Plovoucí sání vč. zpětné klapky, filtr, hadice 3 m 1 590 Kč
- Tlaková nádoba 8 l 575 Kč
- Filtr 10" za čerpadlo, max průtok 100 l/min 755 Kč [10]



Obr. 5.4 čerpadlo ESSENTIAL [10]

V následujících 2 tabulkách jsou přehledně uvedeny celkové náklady a finanční úspora za rok. Dále je zde uveden příklad srovnání roční úspory na Jižní Moravě a v Beskydech.

Tab. 5.1 Pořizovací náklady

Část systému	Pořizovací náklady bez DPH
Nádrž	27 500,00 Kč
filtrační zařízení	7 479,00 Kč
sada pro klidný výtok	1 495,00 Kč
přepadový sifon	2 376,00 Kč
čerpadlo	17 280,00 Kč
plovoucí sání	1 590,00 Kč
tlaková nádoba	575,00 Kč
filtr za čerpadlo	755,00 Kč
Celkové náklady	59 050,00 Kč

Tab. 5.2 Srovnání ročních finančních úspor

Oblast	Objem akumulované vody l	vodné a stočné dle BVK v Kč/m ³	roční úspora	za 5 let	za 10 let	za 20 let
Jihomoravský kraj	2970	64,3	191 Kč	955 Kč	1 910 Kč	3 819 Kč
Beskydy	5400		347 Kč	1 736 Kč	3 472 Kč	6 944 Kč

Z této tabulky je patrné, že v oblastech, kde je výrazně vyšší srážkový úhrn, je výše úspor také výrazně větší. Návratnost systému se odhaduje v závislosti na úhrnu srážek na 15 – 25 let.

5.2 KOMPLEXNÍ SYSTÉM NA VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

Dosud asi největším projektem realizovaným v České republice je Pražský hotel MOSAIC HOUSE. Projekt byl realizován v roce 2010 a kromě řady ekologických prvků zde byl podruhé na světě použit systém recyklace a zároveň rekuperace šedé vody.



Obr. 5.5 Hotel MOSAIC HOUSE [12]

MOSAIC HOUSE vznikl rekonstrukcí a změnou užívání budovy z 30. let. Do rekonstruovaného objektu v památkové zóně Prahy 2 se podařilo implementovat všechny

požadované technologie. „Přívlastek ‚zelený‘ pro MOSAIC HOUSE neznamena jen úsporu elektřiny, plynu a vody, ale také funkční doplnění zeleně na střeše budovy, v okolí budovy i v interiéru,“ říká Jürg Zwahlen, předseda představenstva společnosti IMPACT-CORTI. Kromě toho pokládá ekologičnost hotelu za marketingovou výhodu. „Pokud budou mít klienti na výběr mezi ekologickým a standardním hotelem za stejnou cenu, věřím, že řada z nich dá přednost ekologickému,“ dodává Zwahlen. [11]

Dům má nízkoenergetický standard, hodnocení budovy je B+. Dosažení pasivního standardu bránil požadavek zachovat historickou kachlovou fasádu.

Aktivní úspora energie spočívá v získávání energie z odpadního tepla technologických zařízení zajišťujících provoz hotelu (např. chlazení, vzduchotechnika aj.) a využitím obnovitelných zdrojů (solární panely). Recyklace odpadní šedé vody (tj. vody ze sprch a umyvadel) je jednou z významných technologií hotelu. Pitná voda není zbytečně používána tam, kde nemusí, tedy například na splachování WC nebo pro úklid. V hotelu je instalován dvojitý systém vodovodních a kanalizačních trubek, kde je šedá voda oddělena. Tato relativně čistá voda se odvádí do speciálního zařízení, které ji filtruje a čistí. Recyklovaná voda je následně použita znovu při splachování WC nebo jako voda užitková k přívodu studené vody v úklidových komorách. Toto zařízení zajišťuje efektivní nakládání s vodou a jedná se o první komplexní instalaci v ČR.



Obr. 5.6 Systém recyklace a tepelného přehřívání [12]

Ušetří se až 8 % spotřeby pitné vody, což je při provozu hotelu zhruba 6–8 m³ denně. Úplnou technologickou novinkou je zpětné získávání tepla z odpadní šedé vody, jde

o druhou instalaci na světě po prototypu vyrobeném v Německu. Teplá odpadní voda ze sprch a umyvadel předehřívá vstupní studenou vodu.



Obr. 5.7 Systém rozvodů [12]



Obr. 5.8 Systém rozvodů [12]

Cílem bylo propojit v projektu MOSAIC HOUSE nejnovější trendy s tradičními zdroji úspor energií tak, aby byly splněny požadavky na inteligentní a ekologickou budovu. Projekt od prvopočátku vznikl ve spolupráci s budoucím provozovatelem, tak aby co nejlépe vyhovoval jeho potřebám. I při důsledném použití moderních technologií byl kladen důraz na hospodárnost projektu a všechny instalované systémy mají předpokládanou návratnost maximálně 17 let při současných cenách. [11]

5.2.1 Technologie hotelu

Systém na zpracování šedé vody nese název Pontos Aquacycle a zpracovává 4 m³ šedé vody denně. Technologie použitá v hotelu je následující:

- filtr na hrubé nečistoty obrázek 5.9,
- čtyři tanky s molitanovou drtí – první a druhý tank jsou jako spojené nádoby, uvnitř pracují bakterie, které vodu čistí, dochází zde k určitému zdržení vody, jejíž přebytek přepadá do kanalizace. Pak je voda čerpána do třetího tanku a ve čtvrtém je již výsledná voda, která se používá pro splachování hotelových toalet. Do tanků je vháněn vzduch. Pokud by došlo k poruše v přívodu šedé vody, je systém doplněn využitím pitné vody,
- dezinfekce UV zářením obrázek 5.10,
- čerpadla obrázek 5.11 – vedou vyčištěnou vodu do nádrží.



Obr. 5.9 Filtr na hrubé nečistoty (modrý) + tank za ním [13]

Odkalení filtrů v systému se provádí 1x týdně. Bakterie používané v systému ESO – HOME jsou koncentrovaným bioenzymatickým přípravkem baleným po 10 l. Čištění odpadů je prováděno hydroxidem a teplota vstupující do tanků je vyšší jak 31°C. [13]



Obr. 5.10 Denzinfekce UV zářením [13]



Obr. 5.11 Čerpadla [13]

ZÁVĚR

V posledních letech je patrný trend snižování spotřeby vody. Vzhledem k tomu, že náklady na provoz, údržbu a rekonstrukci jsou stále stejné nebo vlivem inflace nebo použitím náročnějších technologií dokonce rostou, je logickým důsledkem zvyšování tendence snižovat spotřebu relativně drahé pitné vody. Proto se stále více lidí snaží najít alternativní způsoby získávání vody.

V České republice stále ještě neplatí žádný zákon nebo vyhláška, které by se touto problematikou zabývaly. Proto je zapotřebí se poohlédnout do okolních zemí, kde se již touto problematikou zabývají i několik let. Docela zajímavým zjištěním byly rozdíly povolených hodnot v jednotlivých zákonech a vyhláškách různých zemí. Pro příklad celkové koliformy mají v Německu maximální povolený limit 100 a ve Velké Británii 1000 KTJ/100 ml.

Povědomí o možnosti dělení vod je zatím mezi veřejností velmi nízké. Pravdou je, že je u nás stále relativní dostatek levné vody a tak je využití těchto vod zatím okrajovou záležitostí. S rostoucí cenou vody však svého uplatnění dojde. Dochází k pozvolnému rozvoji využívání těchto technologií, ale ekonomický tlak na užívání jiných vod než z veřejných rozvodů či studní není stále dostatečný. Z důvodu nutnosti plynulé obnovy zastaralých inženýrských sítí lze předpokládat, že se dále budou zvyšovat sazby vodného a stočného. Tento trend bude mít za výsledek návratnost investic do užívání šedých a dešťových vod.

Na závěr můžeme konstatovat, že snižování spotřeby vody znamená úspory energie potřebné na čerpání, čištění a rozvod vody, omezení množství odpadních vod, ochranu vodních zdrojů před nadměrným využíváním, menší narušování ekosystémů. Díky snížení průtoků odpadních vod dochází zmenšení objemů vypouštěných odpadních látek do vodních toků a přilehlých vodních nádrží. To má za následek snížení pravděpodobnosti, že dojde k tzv. eutrofizaci vodních toků a děl. Následkem toho nemusíme počítat s obrovskými náklady na jejich vyčištění a regeneraci. Takže finanční úspory spojené s využíváním odpadních vod jsou několikanásobně větší.

Také koncepce opětovného využití odpadních vod v budovách nabývá v poslední době stále většího významu. Tyto trendy jsou postupně zaváděny v Evropské Unii. Snížená kvalita a vydatnost povrchových a podzemních vod způsobená suchem a měnícími se klimatickými podmínkami vede ke koncepci opětovného využití odpadních vod již v místě jejich vzniku, tedy v budovách. Nutností se tyto systémy stávají zejména v oblastech, kde se začíná projevovat nedostatek pitné vody. Objevují se i v projektech administrativních budov, hotelů, wellnes center a aquaparků.

Nyní se nutnost šetření vodou může v našich zeměpisných šířkách zdát jako zbytečná, ale ve světle aktuálních událostí, jako jsou změny klimatu, delší bezdeštná období, nárůst průměrné roční teploty a úbytky ve zdrojích pitné vody, může být v budoucnosti jediným možným způsobem zachování života, tak jak ho známe.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSÚ. ČSÚ: *Spotřeba vody v ČR loni dále klesala, cena šla nahoru* [online]. 1. vyd. 2011[cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/csu-spotreba-vody-v-cr-loni-dale-klesala-cena-sla-nahoru>
- [2] Cena vody - předpoklady vývoje. *TZB-info* [online]. 6.12.2010, č. 1 [cit. 2012-04-03]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/6993-cena-vody-predpoklady-vyvoje>
- [3] Vodné a stočné v městě Brně. *Brněnské Vodárny a Kanalizace* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/cenik/vodne-a-stocne/>
- [4] PLOTĚNÝ, Karel. Dělení vod, bílé a šedé vody: nové poznatky a možnosti využití. *Sborník ze semináře Vodohospodářské chuťovky*. 2011, č. 1, 21 - 27.
- [5] BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *TZB - info* [online]. 5.12.2011, č. 1 [cit. 2012-04-04]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [6] British Standard BS 8525-1:2010. Greywater systems – Part 1: Code of practice. UK: BSI, 2010, 46 s.
- [7] DERRIEN, Francois. Zpětné využití šedé vody v budovách. *TZB-info* [online]. 23.3.2009, č. 1 [cit. 2012-04-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5501-zpetne-vyuziti-sede-vody-v-budovach>
- [8] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění. *TZB-info* [online]. 19.2.2007, č. 1 [cit. 2012-04-09]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [9] BARTONÍK, Adam, Marek HOLBA, Jakub VRÁNA, Monika OŠLEJŠKOVÁ a Karel PLOTĚNÝ. Šedé vody - možnosti jejich energetického potenciálu a způsob jejich čištění a znovu využití. *Vodní hospodářství: Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí*. Praha: Vodní hospodářství, 2012, č. 2, 60 - 65. ISSN 1211-0760. DOI: 1211-0760.
- [10] glynwed.cz *Firma Glynwed* [Online] <http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/nadrze-jimky-zasobniky-na-destovou-vodu/kalkulator-velikosti-nadrze.html>

- [11] iMateriály. In: *MOSAIC HOUSE - První instalace recyklace a rekuperace šedé vody v ČR* [online]. 29. 10. 2010 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Projekty/MOSAIC-HOUSE-prvni-instalace-recyklace-a-rekuperace-sede-vody-v-CR.html>
- [12] MOSAIC HOUSE. *Ekologičtí činitelé* [online]. 2010 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.mosaichouse.com/czech/gallery/green-technology>
- [13] BIELA, Renata. *Zpráva z exkurze na hotel Mosaic House v Praze*. 2011, 2 s.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Srovnání vývoje cen za 1m³ vodného a stočného v Brně [3]	6
Tab. 2.2 Ztráty vlivem netěsností zařízení v domácnosti	7
Tab. 3.1 Výsledky průzkumu původu a množství šedých vod [9]	9
Tab. 3.2 Koncentrace vybraných živin v šedých vodách [9]	11
Tab. 3.3 Mikrobiologické zatížení šedých vod [9]	11
Tab. 3.4 Výsledky průzkumu původu a množství šedých vod [9]	12
Tab. 3.5 Orientační hodnoty (G) pro bakteriologické monitorování [6]	13
Tab. 3.6 Orientační hodnoty (G) pro monitorování obecného systému [6]	14
Tab. 3.7 Interpretace výsledků z bakteriologického sledování [6]	14
Tab. 3.8 Vyhodnocení výsledků z monitorovacího systému^{E)} [6]	14
Tab. 3.9 Legislativní nároky na kvalitu recyklované šedé vody ve vybraných zemích [9]	16
Tab. 3.10 Potřeba provozní vody pro různá využití v budově [9]	18
Tab. 3.11 Kalkulace úspor při použití předeřřevu studené vody [9]	21
Tab. 3.12 Vstupní informace pro kalkulaci[9]	21
Tab. 4.1 Chemické složení srážek v ČR - průměrné hodnoty koncentrací naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2004 [8]	26
Tab. 4.2 Požadavky na dešťové vody z hlediska jejich využití [8]	28
Tab. 5.1 Pořizovací náklady	39
Tab. 5.2 Srovnání ročních finančních úspor	40

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Srovnání vody vyrobené a fakturované [2]	5
Obr. 3.1 Průměrná spotřeba vody v domácnosti[9]	8
Obr. 3.2 Značení na místech používání nepitné vody [6]	15
Obr. 3.3 Systém na čištění šedých vod [7]	17
Obr. 3.4 Schéma společného využití srážkových vod a vyčištěných šedých vod [9] ..	19
Obr. 3.5 Možné zapojení lokálního systému přehřevu vody pro okamžitou spotřebu [9]	22
Obr. 3.6 Schéma uspořádání zařízení na čištění šedých vod a získávání tepla [9]	23
Obr. 4.1 Filtrační hrnec	29
Obr. 4.2 Svodové okapové filtry [6]	30
Obr. 4.3 Filtrační koš v tělese filtru [6]	31
Obr. 4.4 Akumulační nádrž [6]	31
Obr. 4.5 Příklad vsakovacího bloku [6]	33
Obr. 4.6 Vsakovací tunel	34
Obr. 4.7 Vsakovací tunel - řez	35
Obr. 5.1 Průměrné roční úhrny srážek	36
Obr. 5.2 Nádrž COLUMBUS 3700l [10]	37
Obr. 5.3 Podzemní filtrační šachta s teleskopem[10]	38
Obr. 5.4 čerpadlo ESSENTIAL [10]	39
Obr. 5.5 Hotel MOSAIC HOUSE [12]	40
Obr. 5.6 Systém recyklace a tepelného přehřívání [12]	41
Obr. 5.7 Systém rozvodů [12]	42
Obr. 5.8 Systém rozvodů [12]	42
Obr. 5.9 Filtr na hrubé nečistoty (modrý) + tank za ním [13]	43
Obr. 5.10 Denzinfekce UV zářením [13]	44
Obr. 5.11 Čerpadla [13]	44

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

l ...	litr
%...	procento
os ...	osoba
Kč ...	Korun Českých
DPH ...	daň z přidané hodnoty
m ...	metr
G ...	host
EO ...	ekvivalentní obyvatel
CHSK ...	chemická spotřeba kyslíku
BSK ...	biologická spotřeba kyslíku
BS ...	British standards
ml ...	mililitr
KTJ ...	kolony tvořící jednotky
UV ...	ultrafialové záření
ČSN ...	Česká státní norma
TUV ...	teplá užitková voda
°C ...	stupně Celsia
mm ...	milimetry

SUMMARY

Bakalářská práce se zabývá využitím šedých a dešťových vod. V první části práce je uvedeno srovnání využití v České republice a zahraničí. Pro zopakování, v České republice zatím není využívání šedých a dešťových vod ošetřeno potřebnými zákony a vyhláškami. Další část popisuje finanční úspory vzniklé při využívání těchto vod. Je zde vyobrazen postupný vývoj cen za poslední desetiletí. V neposlední řadě jsou zde porovnány různé kombinace jednotlivých možností, jak ušetřit a také je zde popsána návratnost zařízení, složení a povolené limity pro nakládání s těmito vodami. V práci dále porovnávám povolené hodnoty znečištění, které jsou obsažené již ve vyfiltrovaných vodách v zemích, kde tuto problematiku již mají ošetřenu pomocí potřebné legislativy. Věnuji se jednotlivým metodám úprav a akumulaci, zvláště pro dešťové a šedé vody. V případě šedých vod je třeba si uvědomit, že nároky na čištění a hospodaření budou daleko větší. Je to dáno stupněm znečištění, které je u šedých vod mnohonásobně vyšší. V každé kapitole jsou pak uvedeny doporučené hodnoty a příklady pro aplikaci jednotlivých úprav. Mezi ně řadíme filtraci, sedimentaci, chemické čištění a hygienické zabezpečení. V rámci práce jsou zahrnuty příklady systému na využití šedých i dešťových vod. Pokud se jedná pouze o použití dešťových vod, tak systém není příliš náročný, jak na výstavbu, tak i na údržbu. V případě využití komplexních systémů docílíme daleko větších úspor, ovšem za cenu větších nákladů na investice a provoz.

This thesis deals with the use of gray water and rain. At the beginning of the work is a comparison of utilization in the Czech Republic and abroad. To reiterate, the Czech Republic is not yet the use of gray water and stormwater treatment necessary laws and regulations. Furthermore, the financial savings arising in the use of these waters. This section then shows a gradual trend in prices over the last decade. Last but not least, there are compared various combinations of the options to save and return the equipment described here. Composition and permitted limits for dealing with these waters. Comparison of pollution allowed values already contained in the filtered water, in countries where these issues have been treated with the necessary legislation. Individual adjustment methods, particularly for the accumulation of rainwater and graywater. If gray water is important to note that claims for cleaning and management will be far greater. This is due to the degree of pollution in graywater is much greater. Each chapter lists the recommended values and examples after each adjustment. They belong sedimentation, filtration, chemical cleaning and sanitation. The work includes examples of the use of rainwater and graywater. When only the use of rainwater and the system is not too difficult as the construction, and maintenance. In the case of using complex

systems can be achieved far greater savings, but at the cost of larger costs of investment and operation.